

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**

**Technické řešení náhrady stávajícího  
žárovkového osvětlení jeřábů ocelárny**

***Technical solutions replacements incandescent  
lighting of cranes steel plant***

## Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Jan Vilkus**

Studijní program:

N2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3907T001 Elektroenergetika

Téma:

Technické řešení náhrady stávajícího žárovkového osvětlení jeřábů  
ocelárny  
Technical solutions replacements incandescent lighting of cranes steel  
plant

Zásady pro vypracování:

1. Svítidla a světelné zdroje v průmyslových podnicích
2. Vliv vibrací na život světelných zdrojů, možnosti jejich omezení
3. Popis stávajících osvětlovacích soustav jeřábových drah
4. Návrh osvětlení jeřábové dráhy inovovanými svítidly
5. Posouzení doby života nově navrhovaných osvětlovacích soustav.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] Habel, J.: Světelná technika a osvětlování. FCC Public, Praha 1995,
- [2] Sborníky z Kurzů osvětlovací techniky, Sborníky VŠB-TU
- [3] Sborník z konference Světla 2011

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Novák, Ph.D.**

Datum zadání: 30.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012

  
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry



  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.  
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....  
Jan Vilkus

V Ostravě - Porubě dne 30. dubna 2012

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Tomáši Novákovi, Ph.D. a panu prof. Ing. Karlu Sokanskému, CSc. za cenné rady, metodickou pomoc a za vstřícný přístup. Mé poděkování patří také panu Ing. Janu Mikeskovi za jeho vstřícnost řešit mé dotazy. Závěrem bych rád poděkoval mým rodičům, za podporu při studiu a bratru Jakubovi za jeho ochotu nápomoci při řešení problémů z oboru světelné techniky.

## **Anotace**

Zadáním této diplomové práce je technické řešení náhrady stávajícího žárovkového osvětlení jeřábu ocelárny. První část této práce se zabývá hlavními parametry určujícími světelné prostředí, světelnými zdroji a svítidly používanými v průmyslu. Druhá část pojednává o vibracích a jejich neblahých účincích na konstrukční části svítidel a světelných zdrojů. Třetí část se zabývá celkovým popisem stávajících osvětlovacích soustav a měřením stávajícího stavu osvětlení. Čtvrtá část se zabývá možností využití denního světla v hale a samotným návrhem osvětlení inovovanými svítidly na jeřábu a celkového osvětlení haly, včetně výpočtů osvětlenosti, oslnění, údržby. Poslední část posuzuje životnost nově navržené osvětlovací soustavy.

## **Klíčová slova**

Osvětlovací soustava, světelné zdroje, svítidla, měrný výkon, náhradní teplota chromatičnosti, index podání barev, vibrace, mechanické namáhání, udržovací činitel, udržovaná osvětlenost.

## **The Abstract**

The assignment of this thesis is technical solutions replacements incandescent lighting of cranes steel plant. The first part of this work deals with the main parameters determining the light environment, light sources and lighting equipment used in industry. The second part deals with vibrations and their unfortunate effects on structural parts of lamps and light sources. The third part deals with the total description of existing lighting systems and measuring the current state lighting. The fourth part deals with the possibility of using natural light in the hall and independent project lighting through innovated lamps of crane and total lighting of the hall, including calculations of illuminance, glare, maintenance. The last section assesses the lifetime of a newly designed lighting systems.

## **Keywords**

Lighting systém, lighting sources, lamps, luminous efficacy, correlated color temperature, color rendering index, vibration, mechanical stress, the maintenance factor, maintained illuminance.

## Seznam použitých symbolů a zkratk nevysvětlených v textu

Symboly	Jednotka	Význam
$A$	(m <sup>2</sup> )	Plocha na kterou dopadá světelný tok
$B_0$	(cd·m <sup>-2</sup> )	Jas oslňujícího zdroje v ose pohledu
$B_\phi$	(cd·m <sup>-2</sup> )	Jas oslňujícího zdroje vychýlený z osy pohledu
$C$	(F)	Elektrická kapacita
$t$	(°C)	Teplota
$D$	(%)	Činitel denní osvětlenosti
$D_{min}$	(%)	Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti
$D_{med}$	(%)	Střední hodnota činitele denní osvětlenosti
$d$	(m)	Délka
$E$	(lx)	Osvětlenost srovnávací roviny
$E_0$	(lx)	Počáteční osvětlenost
$E_h$	(lx)	Osvětlenost na necloněné venkovní horizontální rovině
$E_{ind}$	(lx)	Svislá nepřímá osvětlenost očí pozorovatele
$E_{min}$	(lx)	Minimální hodnota osvětlenosti
$E_m$	(lx)	Udržovaná hodnota osvětlenosti
$E_g$	(lx)	Celková denní osvětlenost
$E_s$	(lx)	Přímá osvětlenost sluncem
$E_{ob}$	(lx)	Oblohová osvětlenost
$f$	(Hz)	Frekvence
$I$	(A)	Elektrický proud
$I$	(cd)	Svítivost
$I_\gamma$	(cd)	Svítivost svítící plochy
$K$	(cd·m <sup>-2</sup> )	Kontrast jasu
$T$	(K)	Termodynamická teplota
$L$	(H)	Vlastní indukčnost
$L$	(cd·m <sup>-2</sup> )	Jas
$L_a$	(cd·m <sup>-2</sup> )	Jas pozorovaného předmětu
$L_b$	(cd·m <sup>-2</sup> )	Jas okolí pozorovaného předmětu
$L_\gamma$	(cd·m <sup>-2</sup> )	Jas oblohy v úhlu $\gamma$ nad horizontem
$L_z$	(cd·m <sup>-2</sup> )	Jas oblohy v zenitu
$m$	(kg)	Hmotnost
$P$	(W)	Elektrický výkon
$R_a$	(-)	Index podání barev
$E_{min}/E_m$	(-)	Rovnoměrnost osvětlení
$\bar{s}$	(m)	Šířka
$S_p$	(m <sup>2</sup> )	Průmět svítící plochy
$T$	(s)	Perioda kmitu
$T_c$	(K)	Náhradní teplota chromatičnosti
$U_n$	(V)	Jmenovitá hodnota elektrického napětí
$v$	(m)	Výška
$H$	(W/nm)	Spektrální hustoty intenzity vyzařování
$\gamma$	(°)	Úhel o který je viděná plocha natočena od kolmice k ose pohledu

$\delta$	(°)	Úhel clonění
$\eta$	(%)	Účinnost
$\eta_p$	(lm·W <sup>-1</sup> )	Měrný světelný výkon
$\lambda$	(nm)	Vlnová délka
$\Phi$	(lm)	Světelný tok
$\Phi_{sv}$	(lm)	Světelný tok svítidla
$\Phi_z$	(lm)	Světelný tok všech zdrojů
$\Phi_{ztr}$	(lm)	Světelný tok ztracený při optickém zpracování
$A$	(m <sup>2</sup> )	Velikost svítící plochy viditelné pozorovatelem

## Zkratky

## Význam

ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
IP	Ochrana před dotykem živých částí a vniknutím cizích předmětů
IK	Ochrana proti mechanickým nárazům
LED	Led emitting diode
LLMF	Činitel stárnutí světelného zdroje
LSF	Činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů
LMF	Udržovací činitel svítidla
MKJ	Mostový klešťový jeřáb
RSMF	Udržovací činitel povrchů
UGR <sub>L</sub>	Činitel oslnění
ZPO1	Hala - zařízení plynulého odlévání oceli

## Obsah:

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>SVÍTIDLA A SVĚTELNÉ ZDROJE POUŽÍVANÉ V PRŮMYSLU.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>OSVĚTLOVÁNÍ VNITŘNÍCH PRACOVNÍCH PROSTORŮ .....</b>	<b>11</b>
2.1.1	KRITÉRIA PRO NAVRHOVÁNÍ OSVĚTLENÍ.....	11
2.1.2	POŽADAVKY NA OSVĚTLENÍ PRŮMYSLOVÉHO PROSTORU OCELÁRNY .....	15
<b>2.2</b>	<b>TECHNICKÉ PARAMETRY SVĚTELNÝCH ZDROJŮ.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>SVĚTELNÉ ZDROJE POUŽÍVANÉ V PRŮMYSLU.....</b>	<b>16</b>
2.3.1	ŽÁROVKY.....	16
2.3.2	HALOGENOVÉ ŽÁROVKY .....	17
2.3.3	VYSOKOTLAKÉ SODÍKOVÉ VÝBOJKY .....	18
2.3.4	HALOGENIDOVÉ VÝBOJKY .....	19
2.3.5	INDUKČNÍ VÝBOJKY .....	20
2.3.6	LED DIODY .....	21
<b>2.4</b>	<b>SVÍTIDLA POUŽÍVANÁ V PRŮMYSLU .....</b>	<b>22</b>
<b>2.5</b>	<b>ZÁKLADNÍ PARAMETRY SVÍTIDEL.....</b>	<b>22</b>
<b>2.6</b>	<b>KONSTRUKČNÍ PRVKY SVÍTIDEL .....</b>	<b>24</b>
<b>2.7</b>	<b>ELEKTROTECHNICKÉ ČÁSTI SVÍTIDEL.....</b>	<b>25</b>
<b>2.8</b>	<b>KONKRÉTNÍ TYPY SVÍTIDEL POUŽÍVANÝCH V PRŮMYSLU .....</b>	<b>25</b>
<b>3</b>	<b>VLIV VIBRACÍ NA ŽIVOT SVĚTELNÝCH ZDROJŮ, MOŽNOSTI JEJICH OMEZENÍ.....</b>	<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b>PODSTATA VIBRACÍ A JEJICH ŠÍŘENÍ.....</b>	<b>27</b>
3.1.1	ZÁKLADNÍ POJMY MECHANICKÉHO KMITÁNÍ .....	27
3.1.2	ZDROJE VIBRACÍ A JEJICH VLIV NA SVÍTIDLA .....	28
<b>3.2</b>	<b>POŽADAVKY NA ODOLNOST SVÍTIDEL VŮČI MECHANICKÉMU NAMÁHÁNÍ .....</b>	<b>28</b>
3.2.1	POŽADAVKY NA OBJÍMKY PRO OMEZENÍ VIBRACÍ .....	29
3.2.2	POŽADAVKY NA SVĚTELNÉ ZDROJE PRO OMEZENÍ VIBRACÍ.....	31
<b>3.3</b>	<b>OCHRANA PROTI MECHANICKÝM NÁRAZŮM .....</b>	<b>32</b>
3.3.1	VÝPOČET NÁRAZOVÉ ENERGIE PRO IK 10 .....	33
3.3.2	OVĚŘENÍ OCHRANY PROTI MECHANICKÝM NÁRAZŮM PŮSOBÍCÍCH NA SVÍTIDLA .....	34
3.3.3	ZPŮSOBY TLUMENÍ KINETICKÉ ENERGIE .....	34
<b>4</b>	<b>POPIS STÁVAJÍCÍCH OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV JEŘÁBOVÝCH DRAH.....</b>	<b>37</b>
<b>4.1</b>	<b>OBEČNÝ POPIS HALY, VE KTERÉ SE NACHÁZÍ OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY.....</b>	<b>37</b>
<b>4.2</b>	<b>POPIS JEŘÁBU A JEHO OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY.....</b>	<b>38</b>
4.2.1	OSVĚTLENÍ PRACOVNÍSTĚ JEŘÁBOVÉ DRÁHY .....	39
4.2.2	POPIS MONTÁŽE A ÚDRŽBY STÁVAJÍCÍCH SVÍTIDEL JEŘÁBU .....	41
<b>4.3</b>	<b>POPIS CENTRÁLNÍHO OSVĚTLENÍ HALY.....</b>	<b>41</b>
<b>4.4</b>	<b>ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍCH OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV.....</b>	<b>43</b>
4.4.1	VÝSLEDKY MĚŘENÍ UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ HALY.....	43
4.4.2	VÝSLEDKY MĚŘENÍ UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ JEŘÁBU.....	46
<b>5</b>	<b>NÁVRH OSVĚTLENÍ JEŘÁBOVÉ DRÁHY INOVOVANÝMI SVÍTIDLY .....</b>	<b>48</b>
<b>5.1</b>	<b>PŘEDPROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA .....</b>	<b>48</b>
5.1.1	STUDIE STAVBY .....	48



<b>5.2</b>	<b>PROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA.....</b>	<b>51</b>
5.2.1	POPIS STAVBY Z HLEDISKA DENNÍHO OSVĚTLENÍ.....	51
5.2.2	POŽADAVKY PRO VÝPOČET DENNÍHO OSVĚTLENÍ .....	51
5.2.3	VÝPOČET DENNÍ OSVĚTLENOSTI .....	52
<b>5.3</b>	<b>VÝSLEDKY VÝPOČTU Činitele denního osvětlení .....</b>	<b>53</b>
5.3.1	ÚSPORA ELEKTRICKÉ ENERGIE PŘI VYUŽITÍ DENNÍHO SVĚTLA .....	55
<b>5.4</b>	<b>VÝBĚR SVĚTELNÉHO ZDROJE A SVÍTIDLA PRO MÍSTNÍ OSVĚTLENÍ JEŘÁBOVÉ DRÁHY.....</b>	<b>55</b>
5.4.1	POŽADAVKY NA SVĚTELNÝ ZDROJ .....	56
5.4.2	POŽADAVKY KLADENÉ NA SVÍTIDLO .....	58
<b>5.5</b>	<b>VÝBĚR SVĚTELNÉHO ZDROJE A SVÍTIDLA PRO CELKOVÉ OSVĚTLENÍ HALY .....</b>	<b>59</b>
<b>5.6</b>	<b>NÁVRH A VÝPOČET UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ .....</b>	<b>60</b>
5.6.1	VÝPOČET UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ CELKOVÉHO PROSTORU HALY .....	61
5.6.2	VÝPOČET UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ JEŘÁBOVÉ DRÁHY .....	62
5.6.3	PLÁN ÚDRŽBY OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV .....	64
<b>5.7</b>	<b>HODNOCENÍ OSLNĚNÍ UGR.....</b>	<b>65</b>
5.7.1	VÝPOČET OSLNĚNÍ UGR V PRACOVNÍM PROSTORU .....	65
<b>6</b>	<b>POSOUZENÍ DOBY ŽIVOTA NOVĚ NAVRHOVANÝCH OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV .....</b>	<b>66</b>
<b>6.1</b>	<b>ANALÝZA ZNEHODNOCENÍ OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY .....</b>	<b>66</b>
6.1.1	ÚDRŽBA OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV .....	66
6.1.2	POSOUZENÍ DOBY ŽIVOTA SVÍTIDLA.....	67
6.1.3	POSOUZENÍ DOBY ŽIVOTA SVĚTELNÉHO ZDROJE .....	67
<b>6.2</b>	<b>OBEZNÉ SHRUTÍ VŠECH PŘEDPOKLADŮ PŘIJATÝCH K OSVĚTLOVÁNÍ JEŘÁBOVÝCH DRAH .....</b>	<b>69</b>
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>70</b>

# 1 Úvod

Světelná technika spolu s elektrotechnikou a energetikou prochází v současnosti vývojem nových technologií. Tímto se naskytuje možnost čerpat z kvalitních technologických prostředků, které dopomáhají ke zkvalitnění poskytovaných služeb v oblasti světelné techniky. Tématem této diplomové práce je navrhnout náhradu stávajícího žárovkového osvětlení jeřábů haly - Zařízení plynulého odlévání oceli. Mým cílem při řešení dané osvětlovací soustavy, bylo navrhnout novou osvětlovací soustavu z důvodu současného nevyhovujícího stavu, dále snahy o modernizaci osvětlovací soustavy s důrazem na prodloužení její životnosti, zvýšení bezpečnosti a ochrany a zdraví při práci, zkvalitnění hlavních a vedlejších činností spojených s pracovním výkonem a v neposlední řadě také snížení nákladů na elektrickou energii.

Obecně při návrhu osvětlovací soustavy je hlavním účelem zajištění takové úrovně osvětlení, aby lidé mohli vykonávat zrakové úkoly účinně a přesně i při nedostačujícím denním osvětlení. Zajištění požadované úrovně osvětlení v tomto průmyslovém prostoru, může být docíleno pouze jen s takovými prostředky pro osvětlení, které jsou z konstrukčního hlediska provedeny tak, aby dokázaly eliminovat působení jak mechanických vlivů, tak vlivů okolí.

Doba života osvětlovacích soustav mostových jeřábů v průmyslovém prostoru ocelárny je z velké části ovlivněna jejich mechanickým pohybem, který svou pohybovou energii předává svítidlu. Těmito pohyby a zejména pak při zrychlení či zpomalení vznikají vibrace popřípadě rázy, charakterizovány velkými nárazovými silami. Tyto síly pak působí na osvětlovací soustavu a snižují její fyzický život. Proto zásadním požadavkem bylo tyto vlivy omezit vhodným světelným zdrojem, konstrukčním řešením svítidla, popřípadě dalším příslušenstvím.

V prvním kroku samotného projektu budu popisovat stávající stav osvětlovacích soustav jak na mostových jeřábech tak celkového stropního osvětlení haly. Provedu popis prostoru, ve kterém se osvětlovací soustavy nachází a jeho využití. Měřením intenzity osvětlení v prostoru haly, kde se nachází osvětlovací soustavy celkového osvětlení a místního osvětlení jeřábové dráhy, vyhodnotím stávající stav udržované osvětlenosti pracoviště a jeho okolí, podle platných norem. Vymodelováním stávající soustavy a následným výpočtem v softwaru Relux Suite provedu zhodnocení vlivu údržby osvětlovacích soustav. Tímto softwarem vymodeluji také nové osvětlovací soustavy s již novými světelnými zdroji, svítidly a provedu následný výpočet udržované osvětlenosti, rovnoměrnosti, oslnění a stanovím hodnotu udržovacího činitele. Výpočet u této osvětlovací soustavy provedu také s využitím denního světla a vyhodnotím úspory vzniklé následným řízením. Řešení osvětlovací soustavy bude navrženo dle stanovených kritérií pro daný prostor, za předpokladu dodržení českých norem.

Ke splnění výše uvedených cílů při vypracování této diplomové práce je potřeba zhodnotit všechna základní kritéria daná pro navrhování osvětlování vnitřních pracovních prostor a položit tak základní kámen pro návaznost a komplexnost celého projektu. Popis všech technických parametrů světelných zdrojů, svítidel a jejich příslušenství bude zaměřen na konkrétní situaci, což je použití v průmyslové hale ocelárny a zejména pak na mostových jeřábech. Důležité bude zaměřit se na přednosti těchto osvětlovacích prostředků, které by se daly u této instalace využít a zejména pak vyzvednout ty vlastnosti, které by mohly přispívat k prodloužení jejich života.

## **2 Svítidla a světelné zdroje používané v průmyslu**

### **2.1 Osvětlování vnitřních pracovních prostorů**

Do této oblasti osvětlování patří velmi rozsáhlý soubor nejrozličnějších pracovních prostorů a zrakových úkolů, kde musíme brát ohled na rozmanitost pracovních pozic od jednotlivých pracovišť v malých dílnách až po rozsáhlé průmyslové haly. Tyto vnitřní prostory mají společné charakteristiky z hlediska osvětlování. Jsou ohraničeny obvodovými stěnami a stropem, osvětlovací soustava je povětšinou umístěna na stropní konstrukci. Při návrhu umělého osvětlení v průmyslových provozech je nutné brát v úvahu ekonomickou efektivnost osvětlovacích soustav ve vztahu k jejich vlivu jak na produktivitu, tak kvalitu a bezpečnost práce.

Při samotném návrhu osvětlovací soustavy musíme zohlednit kvalitativní a kvantitativní parametry dané soustavy. Rozložení jasů, osvětlenost, oslnění, směrovost světla, podání barev, barevný tón světla a míhání světla, tyto a další parametry osvětlení musí být v souladu s platnými českými normami. Velice důležité je definovat požadavky na osvětlení vnitřních pracovních prostor tak, aby byly splněny podmínky pro zrakovou pohodu, maximalizaci zrakového výkonu a bezpečnost. V následujících odstavcích budou přiblížena všechna kritéria, umožňující pochopení problematiky návrhu osvětlení jeřábových drah v průmyslovém prostoru ocelárny ArcelorMittal Ostrava a.s. [1],[2]

#### **Specifikace normy ČSN EN 12464-1 zabývající se vnitřními pracovními prostory**

Tato norma definuje požadavky na osvětlení pro vnitřní pracovní prostory z hlediska zrakové pohody a zrakového výkonu. Norma definuje hlavní parametry určující světelné prostředí, a to jsou rozložení jasu, intenzita osvětlení, oslnění, směrovost světla, podání barev a barevný tón světla, míhání světla, denní světlo v závislosti k vykonávané zrakové činnosti. Z tohoto důvodu je při návrhu osvětlovací soustavy v pracovních prostorech základní podmínkou definovat zrakový úkol. To je specifikace druhu zrakové činnosti a podmínek, za kterých je vykonávána.

Do těchto podmínek patří zejména velikost pozorovaného detailu, pozorovací vzdálenost, kontrast jasů, rychlost změny apod. Již zmíněná norma definuje mimo jiné také základní parametry osvětlení pro jednotlivé druhy lidské činnosti. Výsledné osvětlení je samozřejmě ovlivněno také parametry prostředí a možným umístěním svítidel v prostoru. [3]

#### **2.1.1 Kritéria pro navrhování osvětlení**

##### **Rozložení jasů**

Rozložení jasu v zorném poli určuje úroveň adaptace zraku. Je jedním ze základních kvalitativních parametrů a je nezbytné pro zvýšení zrakové ostrosti, kontrastní citlivosti, efektivnosti očních funkcí jako je akomodace, přiblížování, zúžení zornic, pohyby oka a jiné. Z těchto důvodů je potřeba vyloučit či vymežit příliš vysoké jasy, které způsobují oslnění a také příliš vysoké kontrasty jasů, které způsobují únavu a ovlivňují zrakovou pohodu.

Také na druhou stranu příliš nízký jas a příliš nízké kontrasty jasu vedou k jednotvárnému pracovnímu prostředí. Optimální poměr jasu místa pracovního úkolu a okolí úkolu je 10:4:3. K vytvoření vyváženého rozložení jasů v prostoru haly - Zařízení plynulého odlévání oceli (dále jen ZPO1), kterým se zabývá tento projekt, musí být vzaty v úvahu činitele odrazu povrchů podle doporučení v níže uvedené tabulce. [3]

Tabulka 1.: Účelný rozsah činitelů odrazu hlavních povrchů místnosti [3]

Hlavní povrchy místnosti	Činitel odrazu (%)
Strop	60 ÷ 90
Stěny	30 ÷ 80
Podlaha	20 ÷ 60
Pracovní roviny	10 ÷ 50

Z důvodu velkého znečištění haly polétavým prachem brusných či jiných nečistot bude pro výpočet udržované osvětlenosti volen činitel odrazu s určitým rozptylem.

### Jas

Jas je veličina, která vyjadřuje množství světelného toku, který se odrazí ve směru k místu pozorovatele. Jednotkou je  $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$  s označením  $L$ . Se zmenšujícím se pozorovacím úhlem bude průmět této plochy menší než skutečná plocha. [4]

$$L = \frac{I}{S_p} \quad (\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}; \text{cd}, \text{m}^2) \quad (1)$$

### Kontrast jasu

Určuje viditelnost předmětů a je dán rozdílem jasu pozorovaného předmětu a jeho okolí. Obecně v pracovním prostředí je kontrast jasu důležitou veličinou ke zrakové pohodě a zrakovému výkonu. [4]

$$K = \frac{|L_a - L_b|}{L_b} \quad (\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}; \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}) \quad (2)$$

### Osvětlenost a rovnoměrnost

Intenzita osvětlení je jedním ze základních kvantitativních parametrů a je úměrná velikosti elektrického příkonu osvětlovací soustavy. Její rozložení v místě zrakového úkolu a jejím okolí má významný vliv na to, jak rychle, precizně, bezpečně a snadno člověk vnímá a provádí zrakový úkol. Všechny navržené hodnoty intenzity osvětlení jsou takzvanými udržovanými intenzitami osvětlení a jejich dodržením se garantuje zraková pohoda a potřebný zrakový výkon.

Za určitých podmínek je potřeba intenzitu osvětlení navýšit, a to v případech když je vykonávaná práce z hlediska lidského oka kritická, je důležitá přesnost vykonávané práce, zrakový orgán pracovníka není v normálu, kritický detail vykonávané práce a kontrasty jsou velmi nízké atd. Naopak lze udržovanou osvětlenost zmenšit, když kritické detaily úkolu jsou velké nebo mají velký kontrast.

Udržovaná osvětlenost na srovnávací rovině v místě zrakového úkolu a v jeho okolí musí pro prostor haly splňovat dané meze uvedené v tabulce 2. [3]

Tabulka 2.: Rovnoměrnost osvětlení a poměr osvětleností bezprostředního okolí a úkolu [3]

Osvětlenost úkolu	Osvětlenost okolí úkolu
$E_m$ (lx)	$E_m$ (lx)
$\geq 750$	500
500	300
300	200
$\leq 200$	$E_{\text{úkolů}}$
<b>rovnoměrnost osvětlení</b>	<b>rovnoměrnost osvětlení</b>
$\geq 0,7$	$\geq 0,5$

### Intenzita osvětlení

Intenzita osvětlení je veličina, která udává množství světelného toku na plochu 1 m<sup>2</sup>. Jednotkou je lux (lx) s označením veličiny E.

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (\text{lx; lm, m}^2) \quad (3)$$

Průměrná intenzita osvětlení nesmí přes stáří a podmínky instalace klesnout pod hodnoty dané normou ČSN. V prostoru haly, kde budeme předpokládat trvalý pobyt osob, nesmí udržovaná osvětlenost poklesnout pod **200 lx**. Tuto hodnotu můžeme dále specifikovat jako hygienické minimum. [4]

### Oslnění a clonění proti oslnění

Oslnění způsobují povrchy v zorném poli s velkým jasnem, které může být vnímáno buď jako rušivé, nebo omezující oslnění. Oslnění způsobené odrazy v leštěných površích je běžně chápáno jako závojevé oslnění nebo oslnění odrazem. Omezení oslnění je velmi důležité dodržet zejména pro vyvarování se chybám, únavě zrakového orgánu a úrazům tímto zapříčiněným. [3]

Tabulka 3.: Minimální úhly clonění svítidel pro specifikované jasy zdrojů [3]

Jas světelného zdroje	Minimální úhel clonění
$L$ (kcd·m <sup>-2</sup> )	$\alpha$ (°)
20 až < 50	15
50 až < 500	20
$\geq 500$	30

### Rušivé oslnění

Je oslnění, které narušuje zrakovou pohodu, aniž zdánlivě zhoršuje nebo omezuje vidění. Oslnění je způsobeno tím, že oslňující zdroj poutá pozornost na úkor místa, na které by se měl zrak soustředit. Pozornost na vliv rušivého oslnění v hale ZPO1 bude řešena zejména z pohledu jeřábníka na jeho místo pracovního úkolu. Míra rušivého oslnění (UGR) je daná vzorcem. [3]

$$UGR = 8 \cdot \log \left( \frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right) (\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}, \text{lx}, \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}, \text{sr}) \quad (4)$$

$L_b$	( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ )	Jas pozadí
$L$	( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ )	Jas svíticí části každého svítidla ve směru očí pozorovatele
$\omega$	(sr)	Prostorový úhel svíticí části každého svítidla vzhledem k očím pozorovatele
$p$	(-)	Činitel polohy podle Gutha pro každé svítidlo (vychýlení ze směru pohledu)

### Oslnění odrazem

Odrazy světla v místě zrakového úkolu mohou výrazně ovlivnit viditelnost, zpravidla ji zhoršovat. Oslnění odrazem na pracovišti můžeme omezit či zmenšit těmito způsoby: [3]

- Uspořádáním svítidel a pracovních míst
- Povrchovou úpravou (matné povrchy)
- Omezením jasu svítidel
- Zvětšením svíticí plochy svítidla
- Světlym stropem a světlymi stěnami

### Barevný tón světla

Barevný tón světelného zdroje se vztahuje k zdánlivé barvě, či chromatičnosti vyzařovaného světla. Ta se kvantifikuje náhradní teplotou chromatičnosti  $T_c$  (K). Volba závisí na úrovni osvětlení, barevné úpravě místnosti a na oblasti použití. [3]

### Podání barev

Pro zrakový výkon a pocit celkové pohody je zásadní, aby barvy předmětů byly podány přirozeně a věrně. Pro objektivní charakteristiku vlastností světelných zdrojů z hlediska podání barev byl určen index podání barev  $R_a$ . Maximální možná hodnota  $R_a$  je 100. Tato hodnota klesá zhoršováním jakosti podání barev. Na pracovišti v hale ZPO1, kde je předpoklad trvalého pobytu osob, nesmí být použity světelné zdroje s indexem podání barev  $R_a < 80$  a musí být rozlišitelné bezpečnostní barvy. [3]

Tabulka 4.: Skupiny barevného tónu světla světelných zdrojů [3]

Barevný tón světla	Náhradní teplota chromatičnosti
	$T_c$ (K)
Teple bílý	$\leq 3\,300$
Bílý	$3\,300 \div 5\,300$
Denní	$\geq 5\,300$

## Míhání a stroboskopické jevy

Míhání světla působí rušivě na organismus a může vyvolat fyziologické projevy jako bolesti hlavy apod. Stroboskopické jevy mohou vést k nebezpečným situacím při změně vnímaného pohybu zejména u točivých strojů nebo strojů s vratným pohybem. Nově navržené osvětlovací soustavy musí být realizovány tak, aby nevznikalo míhání a stroboskopické jevy. [3]

## Energetická hlediska

Při navrhování osvětlovacích soustav nesmí mít požadavky na úspory vyšší prioritu, než požadavky na osvětlenost pracoviště. Osvětlovací soustavy (dále jen „OS“) by měly být schopny splnit kvalitativní požadavky na ně kladené a zároveň použít takové prvky, které zajistí nízkou spotřebu elektrické energie. [4]

## Stálost osvětlení

Velmi rychlé časové změny osvětlenosti, ovlivněné kolísáním napětí či mechanickými příčinami, ovlivňují zrakový vjem a mohou způsobit stroboskopický jev. [4]

## Rovnoměrnost osvětlení

Je ovlivněna rovnoměrným rozmístěním svítidel v prostoru. Nedodržením požadované rovnoměrnosti negativně ovlivníme zrakový výkon, protože se oko musí stále adaptovat. Rovnoměrnost je dána poměrem nejmenší a průměrné osvětleností na srovnávací rovině.[4]

$$r_{\min} = \frac{E_{\min}}{E_m} \cdot 100 \quad (\%) \quad (5)$$

### 2.1.2 Požadavky na osvětlení průmyslového prostoru ocelárny

Tabulka 5.: Přehled požadavků na osvětlení pro výrobní zařízení s občasným ručním ovládáním [3]

Válcovny, hutě a ocelárny			
Druh prostoru	$E_m$ (lx)	UGRL (–)	Ra (–)
Výrobní zařízení s občasným ručním ovládáním	150	28	40

Tabulka 6.: Přehled požadavků na osvětlení pro výrobní zařízení s trvalým ručním ovládáním [3]

Válcovny, hutě a ocelárny			
Druh prostoru	$E_m$ (lx)	UGR <sub>L</sub> (–)	Ra (–)
Výrobní zařízení s trvalým ručním ovládáním	200	28	80

Z hlediska trvalého pobytu osob v prostoru musí být splněno hygienické minimum, což je pro udržovanou osvětlenost  $E_m = 200$  lx, a pro index podání barev  $R_a = 80$ .

## 2.2 Technické parametry světelných zdrojů

Hlavní požadavky světelných zdrojů jsou dány vlastnostmi použitého přijímače záření, určením osvětlovacího zařízení a provozních podmínek. Hlavní oblast použití světelných zdrojů je umělé osvětlení.

Kvalita světelného zdroje je hodnocena mnoha ukazateli, které všestranně charakterizují jeho vlastnosti. Parametry, při nichž světelné zdroje mají pracovat a které musí mít při určitých provozních podmínkách, označujeme jako jmenovité. Skutečné parametry se od jmenovitých odlišují a vykazují určitý rozptyl. Čím je lepší konstrukce, dokonalejší technologie výroby, výrobní zařízení a kvalita vstupních materiálů, tím lepší jsou parametry a menší rozptyl.

Parametry se dělí na technické a provozní. K základním parametrům, které popisují vlastnosti světelných zdrojů, patří světelný tok  $\Phi$ , měrný výkon  $\eta$ , náhradní teplota chromatičnosti  $T_c$ , index podání barev  $R_a$  a životnost světelného zdroje. [1]

### Požadavky pro výběr světelného zdroje

Při výběru světelného zdroje pro osvětlení vnitřních pracovních prostorů se posuzují jeho světelně technické a technicko ekonomické parametry. Posouzení se provádí v souvislosti s výchozími podklady pro návrh osvětlení, požadavky na osvětlení, druhem osvětlovací soustavy a podobně. Obecně se při volbě světelného zdroje posuzují tyto vlastnosti:

- Měrný výkon ( $\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$ ), světelný tok (lm)
- Výkonová řada, životnost a stabilita světelného toku
- Jakostní podání barev a barevný tón světla, jas z hlediska oslnění
- Provozní vlastnosti (funkční spolehlivost, poloha při svícení, povrchová teplota, vliv teploty okolí, vliv kolísání napětí, **odolnost proti vibracím**, doba náběhu a znovu zapálení, atd.)
- Rozměry a hmotnost
- Možnost regulace výkonu, vliv frekvence spínání, světelně technické parametry, velikost a průběh náběhového proudu apod.

Výběr světelného zdroje pro osvětlení jeřábové dráhy by měl být soustředěn zejména na světelné zdroje, které svou konstrukcí, provedením patice a hmotností budou schopny eliminovat vibrace či rázy produkované pohybem jeřábu. [1]

## 2.3 Světelné zdroje používané v průmyslu

### 2.3.1 Žárovky

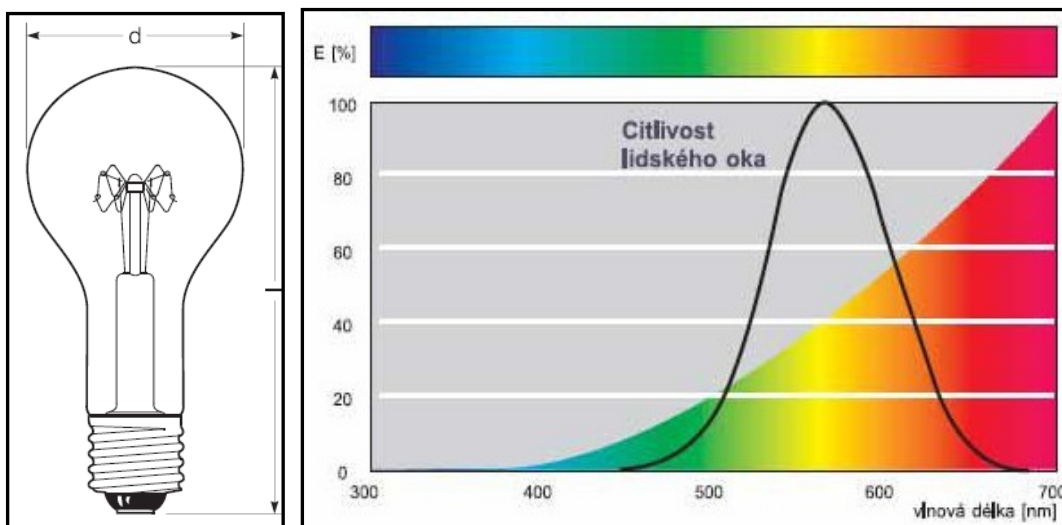
Žárovky patří mezi nejrozšířenější světelné zdroje. Jejich velká rozšířenost je způsobena univerzálností jím vlastní, širokým sortimentem, malými nároky na instalaci a údržbu. Žárovka funguje na principu zahřívání tenkého obvykle wolframového vodiče elektrickým proudem, který jím protéká uvnitř skleněné baňky, kde je vyčerpán vzduch.

Mezi výhody se zahrnuje jejich jednoduchá konstrukce, malé rozměry a hmotnost, okamžitý start, stabilní svícení během celého života a nízká cena. Mají spojité spektrum vyzařovaného světla, index podání barev  $R_a = 100$ . K provozu se mohou uvést bez předřadných systémů a to přímo napájením ze sítě. Možnost konstruovat pro široký rozsah napájecího napětí a příkonu.

Nevýhody spočívají hlavně v jejich malé životnosti a to kolem 1000 hodin, nízkém měrném výkonu pohybujícím se okolo  $10 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$ . Nízký měrný výkon je způsoben tím, že žárovka nevyzařuje energii pouze ve viditelné oblasti spektra ( $380 \div 780 \text{ nm}$ ), ale také v infračervené oblasti záření. [5]



S rostoucí teplotou vlákna roste také měrný výkon a teplota chromatičnosti. Žárovky vykazují velký pokles světelného toku během života a její parametry jsou závislé na stabilitě napájecího napětí. Změna napětí o 1 % vyvolá změnu měrného výkonu o velikost 3,6 %. [1]



Obrázek 1.: Otřesu vzdorná žárovka a spektrum žárovky s křivkou citlivosti oka [O1]

Z hlediska konstrukce nejsou klasické žárovky vybaveny podpěrami vlákna. Použití těchto světelných zdrojů nevyhovuje z hlediska vibrací a rázů. Z toho důvodu jsou využívány v těžkém průmyslu a v navigačních a signalizačních systémech žárovky odolné proti nárazu a vibracím.

Například žárovky od výrobce Radium jsou vybaveny přídatnými držáky vlákna, díky kterým je žárovka odolná proti nárazu. Žárovkám Radium byla pro jejich odolnost vůči nárazu udělena značka jakosti v souladu s předpisy sdružení pro kontrolu jakosti žárovek odolných proti nárazu.

### 2.3.2 Halogenové žárovky

Halogenové žárovky pracují na principu halogenového regeneračního cyklu. V klasické žárovce se wolfram vypařuje z vlákna, usazuje se na povrchu skleněné baňky, čímž klesá světelný tok žárovky. Wolfram vypařující se z vlákna halogenové žárovky se v blízkosti baňky slučuje s halogenem na halogenid wolframu a vlivem tepelného pole se vrací zpět na nejteplejší místo vlákna, kde dochází k disociaci. To znamená, že se wolfram usadí zpět na vlákno a halogen se vrací k povrchu baňky. Tímto kruhovým procesem uvnitř baňky dojde ke zvýšení světelného toku a prodloužení doby života halogenových žárovek.



Obrázek 2.: Lineární halogenová žárovka PHILIPS Plusline, [O2]

Halogenové žárovky se vyrábí v širokém sortimentu. Jsou velmi kompaktní a mají širokou možnost použití. Jejich měrný výkon je o 20 % vyšší než u klasických žárovek. Vyzářují bílé světlo s teplotou chromatičnosti 3000 K. Index barevného podání světla Ra je 100. Jejich měrný výkon se pohybuje kolem  $22 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$  a doba života se udává výrobcí okolo 2 000 hodin. Díky regeneračnímu cyklu se halogenové žárovky vyznačují těmito výhodami. Mají delší dobu života díky neustálé obnově

vlákna, stálou intenzitu světla, jelikož nedochází k černání baňky. Vyrábějí se s různými úhly vyzařování světelného toku, širokým sortimentem patic, tvarů baněk, příkonů, napětí.

Vyrábějí se buď bez odrazné plochy nebo s dichroickým zrcadlem, které omezuje tepelnou složku ve vyzařovaném záření asi na 66 %, což je výhodné zejména při osvětlování předmětů, které jsou citlivé na infračervené záření. Z hlediska konstrukce nás zajímá zejména vliv vibrací na život světelného zdroje. Nejvhodnější konstrukce pro omezení vibrací je dvou stisková žárovka s paticí Rx7, popřípadě jednodisková s paticí G9. [5]

Lineární halogenová žárovka PHILIPS Plusline Compact 48 W, s paticí R7s, na síťové napětí 230 V jak je znázorněna na obrázku 2. je tvořena dvojité vinutým vláknem. Její zpevněné podpory vlákna zajišťují maximální bezpečnost, nárazuvzdornost a delší životnost.

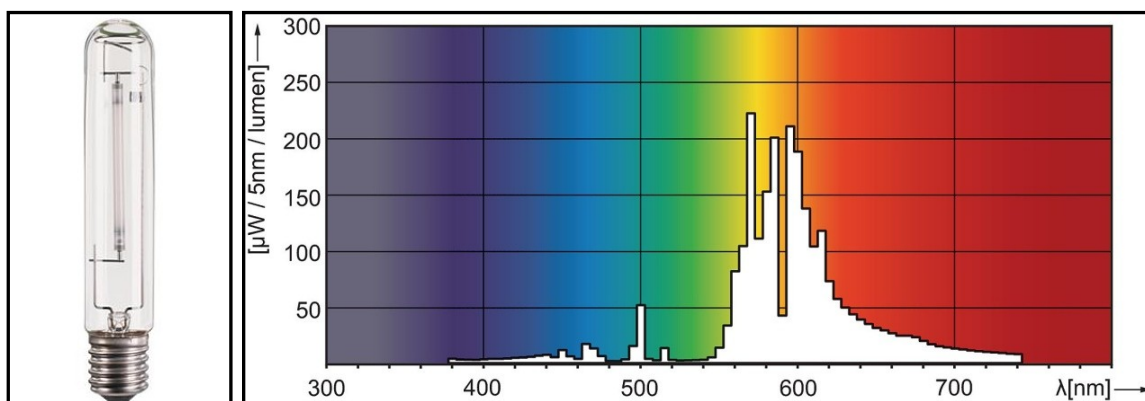
### 2.3.3 Vysokotlaké sodíkové výbojky

Výboj v parách sodíku je ze světelně technického hlediska velmi zajímavý. Sodík se vyznačuje intenzitním rezonančním dubletem ve žluté části viditelného spektra s vlnovou délkou 589,0 a 589,6 nm, která se blíží maximu spektrální citlivosti lidského oka (555 nm).

Využitím výboje v parách sodíku můžeme konstruovat výbojky, jejichž kvalita světelného toku je velmi rozmanitá, a to od nízkotlaké výbojky s  $R_a = 0$  po speciální vysokotlaké výbojky s  $R_a > 85$ . Standardní sortiment dosahuje měrného výkonu  $R_a = 20$  až 25. Vysokotlaké sodíkové výbojky jsou světelné zdroje, kde je světlo vyzařováno hlavně sodíkovými parami s pracovním parciálním tlakem v rozmezí 3 až 60 kPa.

Z hlediska konstrukce je výbojka opatřena závitovou paticí s keramickým kamenem nebo bajonetovou, popřípadě kolíkovou paticí podle daného typu. Hořák je proveden z čirého korundu, který je na obou koncích uzavřen proudovými průchodkami. K průchodce je pomocí slinutiny připájena elektroda, na níž je emisní vrstva wolframu barya. Polohou elektrody v hořáku lze regulovat teplotu za elektrodou. Tímto můžeme měnit tlak v hořáku a díky němu také základní světelné a elektrické parametry. Hořák se plní inertním plynem a z hlediska účinnosti je nejvhodnější xenon. Hořák je vložen do skleněné baňky, ze které je vyčerpán vzduch.

Vysokotlaké sodíkové výbojky je nutné provozovat v obvodu s tlumivkou a vhodným zapalovacím zařízením generujícím vysokonapěťový impuls s amplitudou 2,8 až 4,5 kV. Životnost výbojek udávaná předními výrobci činí 16 000 až 30 000 hodin. Pro opětovné zapálení výbojky i v horkém stavu se používají dvou paticové výbojky. Ukončení života výbojky probíhá při nárůstu napětí na výboji. Když při překročení poměru mezi napájecím napětím a napětím na výboji výboj zhasne, cyklus se pakuje.



Obrázek 3.: Výbojka MASTER SON-T PIA Plus a její spektrum vyzařování, [O3]

Světelný zdroj MASTER SON-T PIA Plus je vysokotlaká sodíková výbojka s čirou trubkovitou vnější baňkou, dlouhou spolehlivou životností a nulovým obsahem rtuti, s patičí E 40. Robustní konstrukce s několika málo sváry je vysoce odolná vůči vibracím a otřesům, čímž se dále snižuje riziko předčasných poruch a prodlužuje se životnost svítidla. [2]

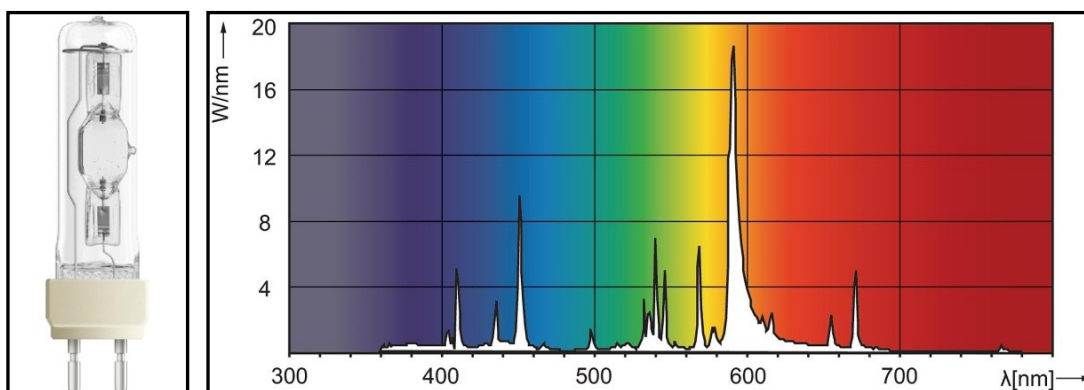
### 2.3.4 Halogenidové výbojky

Funkce vysokotlakých halogenidových výbojek je založená na obloukovém výboji. Záření vzniká převážně v parách rtuti a štěpením produktů halogenidů tzn. sloučenin halových prvku s galiem, thaliem, sodíkem a podobně. Index barevného podání  $R_a = 90$  a měrný výkon dosahující až  $130 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$

#### Halogenidové výbojky s křemenným hořákem

Výbojová trubice je z křemenného skla. V hořáku jsou pomocí molybdenových fólií zataveny hlavní elektrody, mezi kterými vzniká elektrický výboj, který rozsvěcuje výplň výbojky. Hořák se plní nejen rtutí a příslušnými halogenidy, ale také inertním plynem, obvykle argonem. Hořák je uložen ve vnější baňce, ze které je buď vyčerpán vzduch, nebo plněná inertním plynem. Baňka je pokrytá luminoforem. Výbojky jsou opatřeny závitovou patičí E 27, E 40. Tlak rtuťových par v hořáku činí 0,5 MPa a tlak příměsí  $1,33 \cdot 10^2 \text{ Pa}$ .

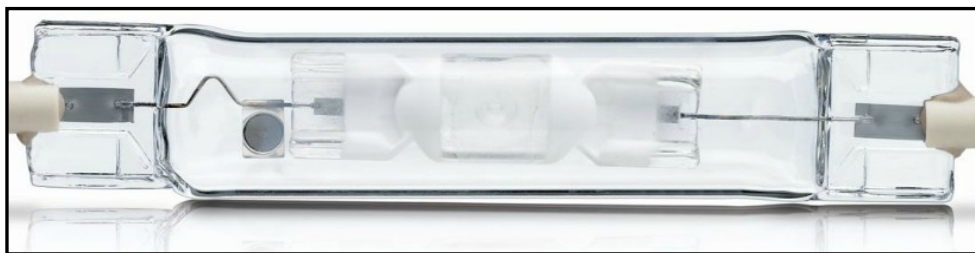
Doba života se pohybuje kolem 15 000 hod. Výbojka se vyrábí o příkonech  $35 \div 3500 \text{ W}$ . Pracovní teplota se pohybuje v rozmezí  $-20$  až  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . Náběh výbojky do jmenovitých hodnot je asi 10 min. Halogenidové výbojky vyžadují k zapálení výboje zapalovač (doutnavkový, halogenidový, tyristorový) který využívá vysokonapětového impulsu 4,5 kV. Výbojku, nelze stmívat.



Obrázek 4.: Výbojka HQI-TM s křemenným hořákem a její spektrum vyzařování, [O4]

#### Halogenidové výbojky s keramickým hořákem

Za nový trend v oblasti vysokotlakých výbojových zdrojů se považuje halogenidová výbojka s hořákem z korundové keramiky. Jde o zdroj, který kombinuje vynikající vlastnosti keramického hořáku vyplývající z jeho vysoké teplotní odolnosti s širokými možnostmi upravovat spektrum záření díky možnosti používat velký počet různých svítících příměsí a jeho kombinací. Výsledkem jsou výbojky, které se vyznačují velkou účinností  $85 \div 95 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$  a to i při malých příkonech a velmi dobrým podáním barev. U těchto zdrojů jsou použity patice světelného zdroje RX7S, RX7s-24 nebo Fc2. [5]



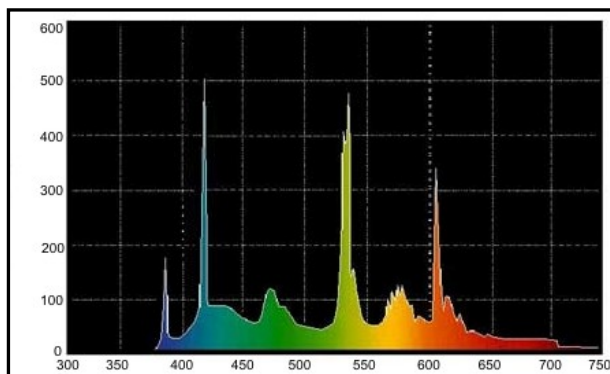
Obrázek 5.: Halogenidová výbojka HCI-TS 150/WDL, [O5]

### 2.3.5 Indukční výbojky

Indukční výbojky představují zcela novou kategorii světelných zdrojů, patřící do okruhu nízkotlakých výbojových zdrojů, využívající principu indukce. Tuto výbojku se podařilo prosadit na trh firmou PHILIPS v roce 1992. Jedna odlišnost těchto výbojových zdrojů je bezelektrodová konstrukce v prostoru kde probíhá výboj. Změna oproti zářivkám spočívá v tom, že pohyb elektronů není svázán s elektrodami ve výbojovém prostoru, ale je dosahován pomocí magnetického pole s kmitočtem 2,65 MHz.

Z konstrukčního a principiálního hlediska je výbojka tvořena hruškovitou baňkou, do níž se vkládá z jedné strany uzavřená trubice. Do této trubice se vkládá feritové jádro s indukční cívkou napájenou proudem o již zmíněném kmitočtu 2,65 MHz. Jako svítící prvek je u těchto zdrojů využívána hlavně rtuť. Atomy rtuti buzené vysokofrekvenčním polem cívky emitují ultrafialové záření, které je luminoforem naneseným na baňce, transformováno na viditelné světlo. Barva světla charakterizovaná náhradní teplotou chromatičnosti je v rozmezí 2700 až 6500 K. Dobrá kvalita luminoforu zajišťuje vysoký měrný výkon, který se pohybuje kolem 65 až 70  $\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$ .

Výbojky dosahují extrémně dlouhého života, podle výrobců až 60 000 hodin. Index podání barev  $R_a > 80$ . Doba náběhu a znovu zápalu činí asi 0,5 s. Výhodou výbojek je konstantní světelný tok v širokém teplotním rozsahu. [5], [2]



Obrázek 6.: Indukční výbojka Endura a její spektrum vyzařování, [O6]

- Napájecí napětí 200 – 240 V
- Dobrá stabilita světelného toku v průběhu života
- Malý vliv kolísání napětí na světelný tok
- Stálost světelně technických parametrů
- Dosud nejvíce dosažitelný příkon 400 W

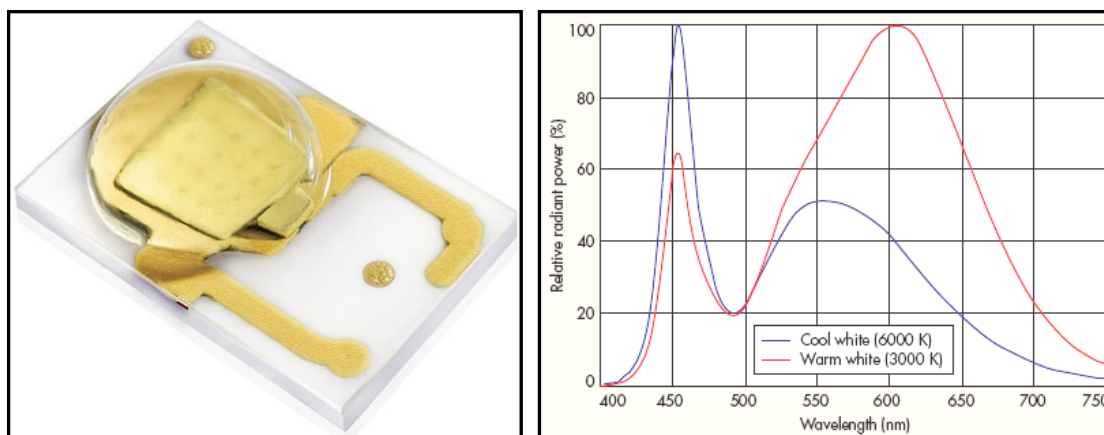
Ideální k použití všude, kde je potřeba bílé světlo, jak ve venkovních, tak i vnitřních prostorech. Umístění tam kde je údržba náročná nebo nákladná, případně na těžko dostupných místech. Vysokofrekvenční řízení zaručuje okamžitý rozběh bez blikání a bez stroboskopických efektů, tímto se toto osvětlení ve velké míře uplatňuje pro osvětlení tunelů, dopravních značek, výrobních hal. [2]

### 2.3.6 Led diody

Led diody v posledním desetiletí zaznamenávají nesmírně dynamický rozvoj a využívají se ve všech oblastech osvětlovací techniky. První diody použitelné v praxi se objevily teprve v roce 1962. Od jejich uvedení na trh jsou však soustavně vyvíjeny nové základní materiály a zdokonalovány technologické procesy vedoucí k postupnému rozšíření sortimentu o další barvy vyzařovaného světla.

LED jsou stále ve vývoji a do budoucna se dá očekávat prodloužení života a stability světelných parametrů během svícení, nárůst měrného výkonu až na hodnotu  $200 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$ . Současné technologie umožňují dosahovat indexu podání barev lepšího než 90. Největším problémem je v současnosti odvod tepla z přechodu PN, s tím souvisí také pokles světelného toku a životnosti. Z tohoto důvodu jsou jednotlivé zdroje vyráběny s příkonem jednotek wattů. Další rozvoj tohoto odvětví světelné techniky závisí na výši investic do rozvoje polovodičové techniky.

Elektroluminiscenční dioda neboli světelná dioda, zkratka LED (z anglického Led Emitting Diode), je elektronický prvek obsahující přechod PN, který emituje optické záření, průchodem elektrického proudu. Tímto se její fyzikální princip velice odlišuje do světelných zdrojů jako žárovky, výbojky atd. Polovodičový přechod PN vyzařuje v podstatě monochromatické záření. V současnosti jsou na trhu LED diody v jednotlivých barvách vhodných pro skládání bílé. [2]



Obrázek 7.: SMD bílá LED a její spektrum vyzařování [O7]

#### Elektrické a světelné parametry

- Malé napájecí napětí, možnost spojovat do série a tím dosáhnout vyšších hodnot světelného toku
- Modulace záření napájecím napětím, minimální doba náběhu, mohou pracovat v impulzním režimu bez negativního vlivu, mohou se stmívat
- Libovolná pracovní poloha, mají vysoký jas
- Velmi malé rozměry (prakticky bodové zdroje)
- Měrný výkon kolem  $100 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$  u bílé LED za optimálních podmínek až  $135 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$
- Index podání barev  $R_a \geq 90$

#### Provozní parametry

- Doba života až 50 000 hodin, ale silně závisí na dodržení maximální provozní teploty udávané výrobcem, při vylepšení teplotních podmínek na vlastním PN přechodu až 100 000 hod, vysoká teplotní závislost, PN přechod musí být chlazen, s oteplením PN přechodu klesá měrný výkon
- Interval teploty okolního prostředí  $-30 \div 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Konstrukce je mechanicky odolná snášející, bez vážnějších následků otřesy a vibrace [2]



## 2.4 Svítidla používaná v průmyslu

Použití světelných zdrojů bez svítidla nevyhovuje osvětlovacím účelům, neboť nemají vhodně rozdělený světelný tok do prostoru, mají příliš vysoký jas a nejsou dostatečně odolné vůči vnějším vlivům prostředí. Z tohoto důvodu se světelné zdroje umísťují do svítidel.

Svítidla jsou určena hlavně k úpravě rozdělení světelného toku zdrojů, k elektrickému napájení, k jejich upevnění a k ochraně světelných zdrojů před nepříznivými vnějšími vlivy. Vhodný výběr konstrukce svítidel a jejich správné umístění jsou hlavními prostředky ke snížení jasu světelných zdrojů a k odstranění nebezpečí oslnění. Vedle světelně technických požadavků musí svítidla umožňovat také snadnou montáž a údržbu. Musí mít dostatečnou životnost a funkční spolehlivost, musí vyhovovat z hlediska ochrany před nebezpečným dotykovým napětím, vniknutím cizích předmětů či vody, mechanickým namáháním, rázy, vibracím a dalších nepříznivých vlivů prostředí. Je nutné respektovat také estetiku a hospodárnost. Svítidla jsou složena ze světelně činných částí a z konstrukčních částí. [1]

### Obecné požadavky na svítidla používaná v průmyslu

#### Světelně technické parametry

- Usměrnění světelného toku do požadovaného směru
- Omezení oslnění pozorovatele
- Vysoká světelná účinnost
- Stálost světelně technických parametrů
- Rozložení svítivosti v jednotlivých rovinách pro dosažení požadované intenzity osvětlení, jasu

#### Konstrukční parametry

- Nejmenší akceptovatelné krytí pro osvětlované prostory v těžkém průmyslu je IP 54
- Svítidlo musí být prověřeno ochranou proti mechanickým nárazům ve stupni krytí IK (speciální případy)
- Jednoduchá montáž svítidla
- Jednoduchý přístup (s použitím běžně dostupného nářadí) k světelnému zdroji či předřadníku

## 2.5 Základní parametry svítidel

### Světelný tok svítidla

Světelný tok svítidla je svítidlem opticky upraven a jeho hodnota je dána rozdílem světelného toku všech zdrojů umístěných ve svítidle a světelného toku ztraceného, který se ztratil při optickém zpracování. [5]

$$\Phi_{sv} = \Phi_z - \Phi_{ztr} \quad (\text{lm}; \text{lm}, \text{lm}) \quad (6)$$

### Účinnost svítidla

Účinnost svítidla  $\eta_{sv}$  charakterizuje hospodárnost svítidla a její hodnota je dána poměrem světelného toku vycházejícího ze svítidla ke světelnému toku zdrojů. [5]

$$\eta_{sv} = \frac{\Phi_z}{\Phi_{ztr}} \quad (\%; \text{lm}, \text{lm}) \quad (7)$$

## Jas svítidel

Jas svítidla je definován jako podíl svítivosti v daném směru a velikosti průměru svítící plochy do roviny kolmé ke zvolenému směru. [5]

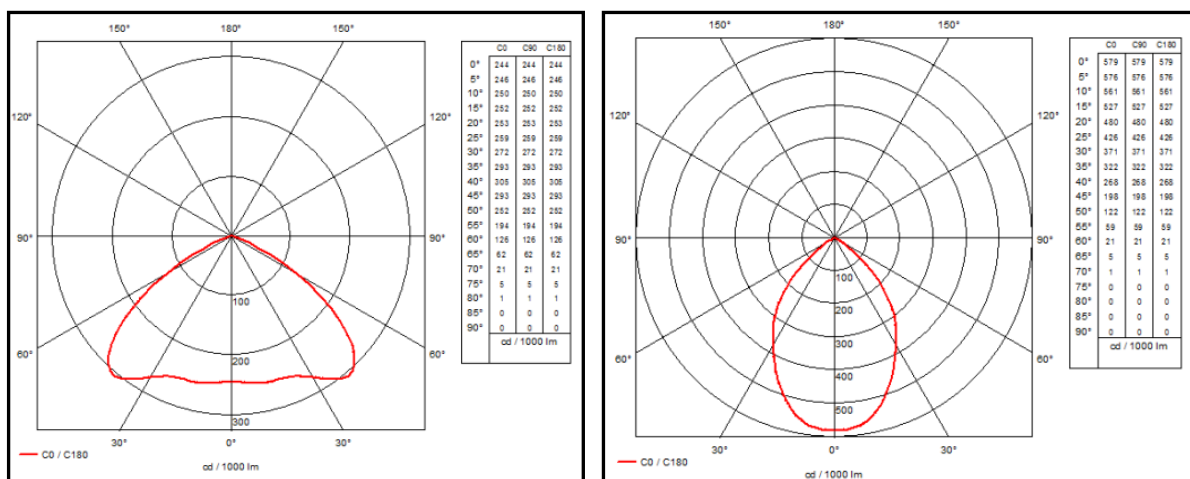
$$L_{\gamma} = \frac{I_{\gamma}}{A \cdot \cos \gamma} \quad (\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}, \text{cd}, \text{m}^2) \quad (8)$$

## Křivky svítivosti

Svítivost  $I$  (cd) představuje množství světelného toku  $\Phi$  (lm) vyzářeného do určitého prostorového úhlu  $\Omega$  (sr). Když je tento úhel dosti malý, mluvíme o svítivosti v daném směru. Pro svítidla se udávají křivky svítivosti v jednotlivých směrech. [5] Svítivost je dána vztahem:

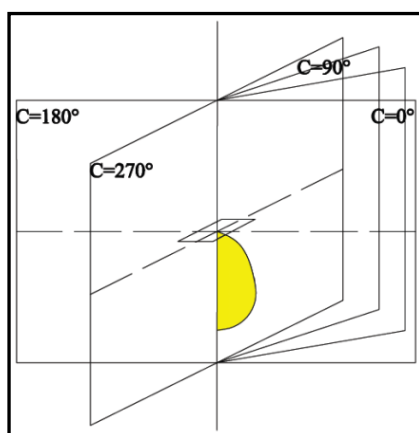
$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \quad (\text{cd}; \text{lm}, \text{sr}) \quad (9)$$

Křivky svítivosti poskytují názornou představu o způsobu šíření světelného toku v prostoru. Z křivek svítivosti lze vidět úhel clonění, směr maximální svítivosti apod. Křivky svítivosti udávané v katalogích jsou přepočítány na 1000 lm, z důvodu možnosti porovnání svítidel s různými zdroji. [4]



Obrázek 8.: Křivky svítivosti svítidel MODUS Bellio široko zářič a hluboko zářič

Prostorové rozložení svítivosti svítidla můžeme rozdělit na souměrné nebo nesouměrné. Souměrné rozložení může být rotační anebo také souměrné k jedné nebo více rovinám ve směru osy. Svítivost svítidel se určuje nejčastěji pomocí fotometrického systému  $C$ - $\gamma$ . U svítidel s rotačně symetrickou plochou stačí svítivost měřit a zobrazovat v jedné fotometrické rovině.

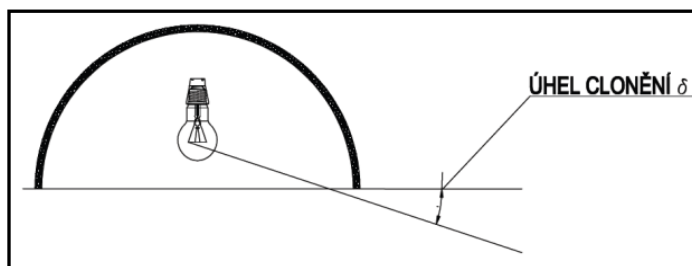


Obrázek 9.: Soustava měřicí roviny  $C$ - $\gamma$

Rozložení svítivosti měřeného svítidla můžeme též znázornit pomocí izokandelového diagramu. Svítidla lze rozdělit také podle rozložení světelného toku svítidla do horního a dolního poloprostoru. [5]

### Úhel clonění

Úhel clonění  $\delta$  vyjadřuje míru zaclonění světelného zdroje svítidlem. Tento úhel je nejmenší ostrý úhel mezi horizontální rovinou a přímkou spojující okraj svítidla se světelným zdrojem. U čiré žárovky uvažujeme její vlákno, u opálové zářivky nebo výbojky je to povrch baňky. [4]



Obrázek 10.: Úhel clonění svítidla s kompaktním zdrojem

### Třída ochrany

Podle ochrany před nebezpečným dotykovým napětím můžeme v souladu s ČSN 60598 - 1 rozlišit svítidla třídy 0, I, II a III.

- Třída 0 - má základní izolaci z toho vyplývá, že nemá prostředky na připojení ochranného vodiče
- Třída I - svítidlo má prostředek pro připojení vodivých částí na ochranný vodič
- Třída II - obsahuje dvojitou nebo zesílenou izolaci jako ochranu před nebezpečným dotykem
- Třída III - označuje svítidla na bezpečné malé napětí

### Stupeň ochrany proti vniknutí pevných cizích těles a vody

Pro krytí svítidel platí norma ČSN EN 60 529, podle níž se druh krytí svítidla označuje zkratkou IP (Ingress Protection) a dvojčíslicím. První číslice 0 ÷ 6 určuje ochranu před nebezpečným dotykem živých částí a před vniknutím cizích předmětů. Druhá číslice 0 ÷ 8 určuje ochranu před vniknutím vody. Nejmenší dovolené krytí svítidel na nízké napětí je IP 20. Nejmenší akceptovatelné krytí pro osvětlované prostory v těžkém průmyslu je IP 54. Navýšení ochrany proti vniknutí prachu a vody znamená prodloužení životnosti optického systému svítidla a snížení nákladu na jeho údržbu. Úplně prachotěsné svítidlo je v krytí IP65. [5]

## 2.6 Konstrukční prvky svítidel

Konstrukční části slouží jako celistvý nosný základ svítidla. Dále slouží jako ochrana před vnikem vody, nebezpečným dotykem a k upevnění svítidla na podklad.

Konstrukční prvky a materiály používané pro všechny druhy svítidel, mají splňovat ještě další požadavky pro správnou funkci:



## **Světelná stálost**

Stálým působením světelného záření, tepla a vlhkosti dochází k trvalým změnám optické části svítidel, například zkřehnutí, tvoření trhlin nebo praskání.

## **Tepelná stálost**

Pokud jsou provozní teploty překročeny, dochází k trvalým změnám, např. k deformaci, zuhelnění a praskání - tvoření trhlin.

## **Odolnost proti korozi**

Musí být zajištěna povrchovou ochranou, která mimo zamezení koroze ovlivní ještě vzhled a světelně technické vlastnosti materiálu.

## **Mechanická pevnost**

Svítidla musí mít dostatečnou mechanickou pevnost a musí být konstruována tak, aby byla bezpečná i při silném mechanickém namáhání. [5]

## **2.7 Elektrotechnické části svítidel**

Elektrotechnické prvky přivádějí elektrickou energii ke světelným zdrojům, to zajišťují zejména vodiče a objímky. Pro spolehlivý provoz svítidla jsou použita zařízení jako předřadník, zapalovač, transformátor: [5]

- Objímky se ve svítidlech používají podle konkrétního druhu patice světelného zdroje
- Svorkovnice šroubovacího typu jsou postupně nahrazovány zejména u nižších příkonů svorkovnicemi umožňujícími beznástrojové připojení
- Předřadník může obsahovat jednak jednu část nebo více oddělených částí. Dopomáhá ke stálému napájení, pomáhá generovat zapalovací napětí, omezuje stroboskopický jev, upravuje účinník

## **2.8 Konkrétní typy svítidel používaných v průmyslu**

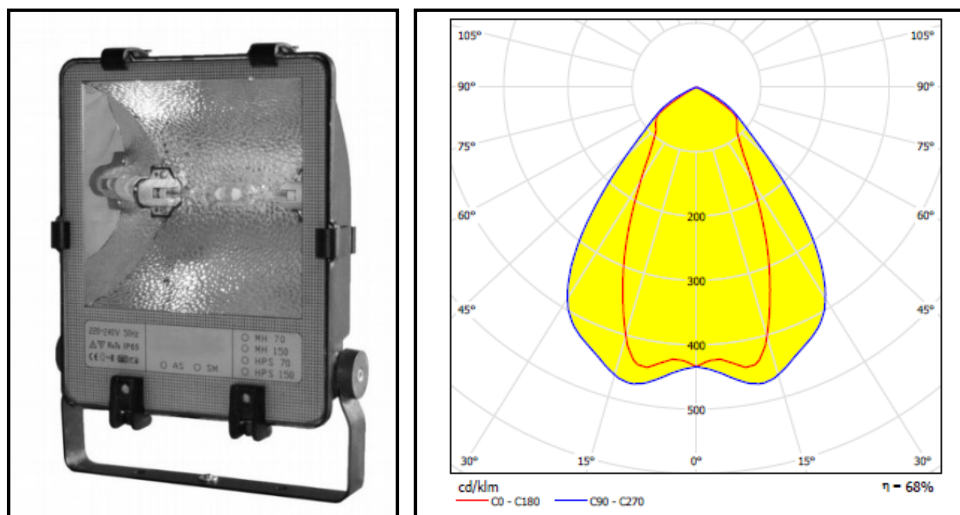
### **Svítidla se zrcadlovými reflektory**

Jsou to svítidla, která využívají k usměrnění světelného toku zrcadlový odraz. Použitím těchto svítidel bude zaručena velká světelná účinnost, široké možnosti rozložení světelného toku. Uplatňují se ve všech oblastech použití světelné techniky, zejména však v průmyslovém a venkovním osvětlení.

Světelně technické vlastnosti svítidla závisí na vyzařované ploše reflektoru, jeho tvaru, který ovlivňuje tvar křivky svítivosti a na odrazných vlastnostech. Nejčastěji se svítidla vakuově pokovují hliníkem, nebo se vyrábějí z chemicky leštěného hliníku, vysoce čistého (99,8 %) s povrchovou úpravou zaručující odraz až 95%. Odrazná plocha svítidla se také hojně navrhuje s rastrovým povrchem. Tímto dochází k částečnému difuznímu odrazu. U těchto svítidel se snižují požadavky na přesnost výroby optického systému. [1]

## Svítlidlo Modus Vario

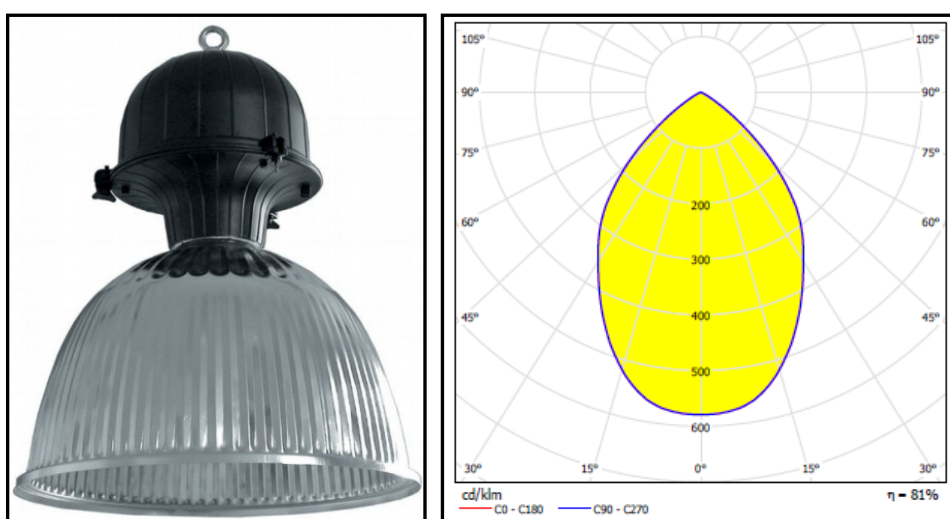
Těleso svítidla je tvořeno šedě lakovaným odlitkem, optický systém svítidla je tvořen symetrickým embosovaným reflektorem z vysoce leštěného hliníku, chráněn bezpečnostním krycím sklem. Svítidlo je opatřeno ochranou proti vniknutí cizích pevných částic a vody v krytí IP65. Svítidlo je také opatřeno ochranou proti mechanickým nárazům v krytí IK07. Elektrická výstroj svítidla se skládá z kompenzačního kondenzátoru, tlumivky, vysokotlaké sodíkové výbojky (HPS) nebo halogenidové výbojky (HQI) a s patičí světelného zdroje Rx7s. [17]



Obrázek 11.: Svítidlo MODUS VARIO a jeho křivka svítivosti [O8]

## Svítlidlo Modus Bellio

Těleso svítidla je tvořeno práškově komaxitovanou hliníkovou předřadníkovou skříňí, optický systém svítidla je tvořen profilovaným hliníkovým reflektorem, který je chráněn bezpečnostním krycím sklem. Svítidlo je opatřeno ochranou proti vniknutí cizích pevných částic a vody v krytí IP65. Elektrická výstroj svítidla se skládá z kompenzačního kondenzátoru, tlumivky, vysokotlaké sodíkové výbojky (HPS) nebo halogenidové výbojky (HQI), patice světelného zdroje E40. [17]



Obrázek 12.: Svítidlo MODUS Bellio a jeho křivka svítivosti [O9]

### 3 Vliv vibrací na život světelných zdrojů, možnosti jejich omezení

#### 3.1 Podstata vibrací a jejich šíření

Pojem vibrace, nebo také mechanické kmitání je fyzikální jev, kdy hmotný bod nebo tuhé těleso zaujímá v čase různé polohy v prostoru tak, že se pohybuje v určitém intervalu vzdáleností. Tento interval však nepřekročí, tzv. rovnovážnou (střední) polohu.

Vzdálenost od rovnovážné polohy je výchylka  $x$  (m). Nejmenší časový úsek, po jehož uplynutí nabývá výchylka kmitavého pohybu znovu stejné hodnoty, se nazývá doba kmitu  $T$  neboli perioda. Převrácenou hodnotou periody je frekvence periodického kmitavého pohybu, která udává počet kmitů, jež proběhnou za jednu sekundu, určuje se v jednotkách Hertzů.

Mechanické kmitání lze popsat určitou výchylkou v daném čase. Maximální výchylka je amplituda  $A$ . Dynamických rozměrů nabývá chvění, zajímá-li nás jeho příčina, tehdy je nezbytné zabývat se silami a momenty, které působí na soustavu a odezvami, které takové působení vyvolává. [6]

Částice mohou kmitat kolmo ke směru šíření vlny nebo podélně ve směru šíření vlny. Příčné vlnění můžeme rozdělit podle působení síly na torzní vlnění, kdy například na tyč působí budící kroučící moment, ohybové vlnění, kde na osu tyče působí kolmá budící síla. Velikost vibrací může být vyjádřena frekvencí, amplitudou, rychlostí a zrychlením, časovým průběhem a směrem. [7]

##### 3.1.1 Základní pojmy mechanického kmitání

###### Frekvence

Frekvence je veličina, která udává počet kmitů, jež proběhnou za jednu sekundu, jednotkou je (Hz).

$$f = \frac{1}{T} \quad (\text{Hz}) \quad (10)$$

$T$  – perioda (s)

###### Úhlová frekvence

Pro popis periodických pohybů se zavádí také úhlová frekvence, která je  $2\pi$  násobkem frekvence.

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = \frac{2 \cdot \pi}{T} \quad (\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}; \text{Hz}, \text{t}) \quad (11)$$

$\omega$  - Úhlová frekvence ( $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ),  $f$  – frekvence (Hz)

###### Fáze $\varphi$

Je důležitá veličina, která udává informaci, v jakém stavu se oscilátor nachází.

$$\varphi(t) = \omega(t) + \varphi_0 \quad (-; \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}, -) \quad (12)$$

$\varphi(t)$  – fáze,  $\omega$  - Úhlová frekvence,  $\varphi_0$ - Počáteční fáze

###### Rovnice harmonického kmitání

Příčinou kmitavého pohybu je síla pružnosti nebo síla tíhová. Podle Newtonovy pohybové rovnice můžeme pro velikost této síly psát rovnici harmonického kmitání:

$$F = m \cdot a = m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (\text{N}; \text{m}, \text{m} \cdot \text{s}^{-2}) \quad (13)$$

**Pro kmitavý pohyb můžeme napsat rovnici pro výchylku:**

$$x(t) = x_m \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) \quad (\text{m}) \quad (14)$$

$x(t)$  - Okamžitá velikost výchylky,  $x_m$  - Amplituda výchylky,  $\varphi_0$ - Počáteční fáze [13]

### 3.1.2 Zdroje vibrací a jejich vliv na svítidla

Hlavní příčiny mechanických vibrací působící na svítidla umístěná na jeřábu v průmyslové hale ZPO1 jsou rázové, otřesové a periodické dynamické síly, které vznikají zejména při pohybu jeřábu a jeho náhlém zastavení. Jedním z úkolů této práce je tyto nepříznivé vlivy omezit, či minimalizovat správným výběrem svítidla a jeho příslušenství vhodnému k tomuto řešení.

Nejen vibrace, ale také rázy spojené s rychlostí, zrychlením a nárazovou energií významně ovlivňují životnost svítidla a světelného zdroje, nejen z hlediska světelně technického, ale také mechanického. Konstrukce a mechanická pevnost svítidel musí být taková, aby svítidlo bylo bezpečné i při mechanickém zacházení, jaké se může vyskytnout při normálním provozu.

Mechanické namáhání svítidla se projeví ve všech jeho částech, ze kterých je svítidlo složeno a dále se přenáší na světelný zdroj. Z těchto důvodů je rozhodující použití nejen správného svítidla, které svou konstrukcí dokáže tyto nepříznivé vlivy omezit, ale také správný výběr světelného zdroje. U světelného zdroje je pro eliminaci vibrací rozhodující jeho hmotnost, typ patice, výška světelného středu, podpěry vláken nebo uchycení hořáku v baňce.

#### Vibrační zkouška

Slouží k posuzování a analýze schopnosti zkoušeného zařízení odolávat vibracím, či zjišťování vlivu vibrací na vlastnosti a životnost daného celku. Vibrační zkoušky bývají jednou ze součástí primárních testovacích programů konstrukčního a projektového inženýrství.

Cílem zkoušek je pokud možno přesně simulovat reálné podmínky z hlediska působení vibrací. Princip vibrační zkoušky spočívá ve vybuzení testované struktury budičem chvění (vibrátorem) na vysoké hladiny chvění. Vibrační test je většinou prováděn jako zkouška životnosti daného zařízení. [8]

#### Popis vibrační zkoušky dle ČSN

Svítidla, na která působí vibrace, se řadí do skupiny svítidel pro těžký provoz. Tato svítidla musí být dostatečně odolná vůči vibracím. Splnění požadované odolnosti se kontroluje následující zkouškou.

Svítidlo se připevní k vibračnímu generátoru tak jak ve své základní poloze při instalaci. Řízení vibrace probíhá v nejvýhodnějším směru s určitými požadavky. Doba trvání zkoušky je 30 min s amplitudou kmitů 0,35 mm, kmitočtový rozsah 10 Hz, 55 Hz, 10Hz, s rychlostí rozkladu přibližně jedna oktáva za minutu. Svítidlo po provedené zkoušce nesmí mít uvolněné části, které by mohly zhoršit jeho bezpečnost.

Tyto vibrační zkoušky jsou základní a neodmyslitelnou částí výrobních procesů a vývojových prací. Vibrační zkouška simuluje dynamiku pracovních podmínek strojních celků a struktur s cílem vyzkoušet vlivy těchto podmínek na testované součásti před jejich skutečným použitím. [8]

### 3.2 Požadavky na odolnost svítidel vůči mechanickému namáhání

Konstrukce svítidel se provádí tak, aby jejich živé části nebyly přístupné, je-li svítidlo instalováno a připojeno pro normální používání, ani když je svítidlo otevřené za účelem výměny světelných zdrojů nebo předřadníků. Ochrana před úrazem elektrickým proudem musí být zachována při všech způsobech montáže a polohách svítidla.

Při navrhování a realizaci elektrických zařízení se musí přihlídnout k výskytu, druhu a intenzitě otřesů či nárazů působících na elektrická zařízení, nebo na jejich podklady. Je nutno volit takové provedení, umístění a hlavně uložení elektrických zařízení, aby vliv otřesů nemohl narušit správnou a spolehlivou funkci a bezpečnost zařízení. Světelné zdroje je nutno volit jako otřesu vzdorné. Objímky svítidel musí být zajištěné proti samovolnému uvolnění. [8]

## **Místo připojení k síti**

U stacionárních svítidel třídy ochrany I a II je potřeba vhodným opatřením zajistit, aby se vlivem vibrací či mechanického namáhání nestaly kovové části živými, vlivem uvolněného vodiče či šroubu. [8]

## **Průchodky pro vodiče**

Průchodky pro vodiče musí být hladké a bez ostrých hrotů, hran, ořepů a přetoků, aby bylo zajištěno neodírání izolace vodiče. [8]

## **Elektrické spoje a části vedoucí proud**

Závitové nebo jiné pevné spoje mezi různými částmi svítidel se musí zhotovit tak, aby se při namáhání krutem, ohybem, vibracemi atd., které mohou nastat během normálního používání, neuvolnily. Elektrické spojení vodičů se musí konstruovat tak, aby se kontaktní tlak nepřenesl jiným izolačním materiálem, než jsou keramické izolační materiály, čistá slída nebo izolační materiály s rovnocennými vlastnostmi. Části vedoucí proud musí být z mědi, ze slitin obsahujících minimálně 50 % mědi nebo z materiálu s rovnocennými vlastnostmi. [8]

## **Šrouby, mechanické spoje, těsnící vývodky**

Šrouby, které se používají jak pro elektrické tak i mechanické spojení, se musí zajistit dostatečným zajištěním proti uvolnění, musí vydržet mechanické namáhání, které se vyskytuje při normálním používání. Splnění těchto požadavků se kontroluje zkouškou. Šrouby přenášející kontaktní tlak se musí pět krát utáhnout a povolít. Zkouška se provádí zkušebním šroubovákem či klíčem, kde musí být vytvořen na daný šroub o jmenovitém průměru určitý krouticí moment (Nm) dle ČSN. [8]

### **3.2.1 Požadavky na objímky pro omezení vibrací**

Objímky zajišťují mechanické a elektrické spojení se světelným zdrojem. Objímky se používají ve svítidlech podle daného typu zdroje. Elektrická bezpečnost objímek musí být v souladu se svítidlem. Objímky musí vyhovovat požadavkům na bezpečnost při vkládání světelného zdroje.

Vodiče musí být s objímkou spojeny takovým způsobem, který během její životnosti zajistí spolehlivé elektrické spojení. Část objímky určená k připevnění musí mít dostatečnou mechanickou pevnost. Při mechanickém namáhání svítidla musí objímka dostatečně eliminovat následné vibrace a rázy, které by vedly k deformaci patice či uvolnění světelného zdroje.

Splnění těchto požadavků se kontroluje prohlídkou, měřením, pokud je potřeba tak mechanickými zkouškami. Po zkoušce objímky jednopaticové zářivky nesmí mít objímka změněnou polohu a upevňovací část nesmí být trvale deformována. U objímky, na kterou působí otáčení během výměny světelného zdroje, se splnění požadavků kontroluje prohlídkou a pokusem uvolnit mechanické šroubové spoje. U této zkoušky se aplikuje krouticí moment po dobu jedné minuty ve směru a v protisměru hodinových ručiček. Pro objímku E 40 krouticí moment 4 Nm. [8]

## **Nejčastěji se používají tyto druhy objímek**

Závitové – E14, E27, E40

Bajonetové – B15, B22

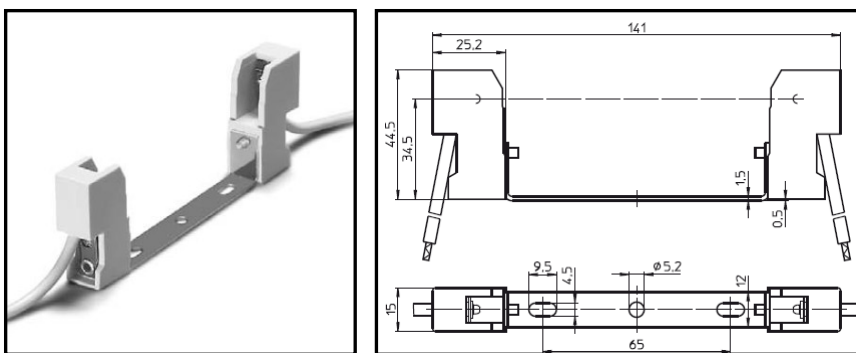
Kolíkové – G23, G24, G7

Dvoustiskové – Rx7, Rx7s, Fc2

## Objímka RX7s pro výbojové světelné zdroje

Objímky RX7s jsou vyrobeny z takových izolačních materiálů, aby byly schopny odvést teplotu produkovanou světelným zdrojem a také aby měly vysoké izolační vlastnosti při vysoké vlhkosti. Nejpoužívanější materiály jsou mastek a porcelán nebo jiné adekvátní materiály, které mají podobné vlastnosti. Základem objímky je vytvoření dobrého kontaktního spoje. Kontaktní spoje objímky mají být konstruovány tak, aby spočívaly v polokruhové části kontaktu zdroje světla. Nesmí být umožněn dotyk kontaktů při prázdné objímce polokulovým zkušebním prstem o poloměru 5,2 mm. Objímky jsou opatřeny připojovacími vodiči.

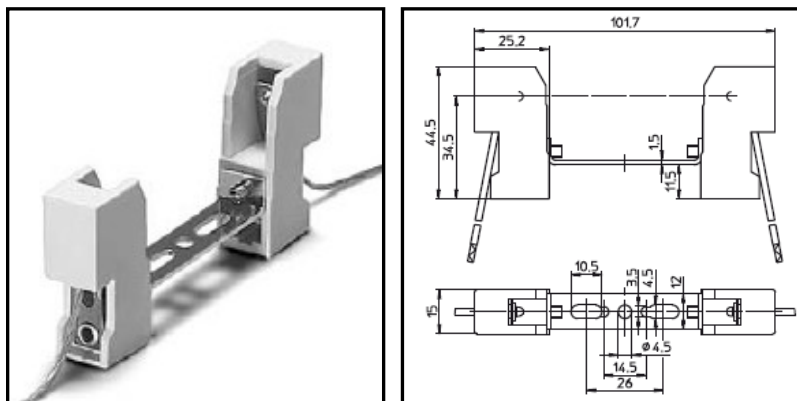
Díky dvoustiskové konstrukci objímky a speciální ocelové pružině je zajištěn dobrý kontaktní přitlak. Minimální síla dotyku kontaktního přitlaku nesmí být menší než 10 N, u objímek se stříbrnými kontakty 20 N. Maximální kontaktní síla, by neměla překročit, 45 N. Takovým to způsobem uložení jsou dostatečně eliminovány síly způsobené mechanickým namáháním vibracemi a rázy, které mohou mít neblahý vliv na kontakt a konstrukci světelného zdroje. Materiál kontaktu je měď se stříbrným hrotem, který zajišťuje lepší odvod tepla z patice světelného zdroje. [9]



Obrázek 13.: Keramická objímka BJB, Rx7s a její konstrukční řešení [O10]

## Objímka R7s pro halogenové světelné zdroje

Materiály ze kterých se objímky R7s vyrábějí, jsou nejčastěji keramika, kov a v poslední době nejpoužívanější vysoce odolné termoplasty jako PET (polyetylen tereftalat) a LCP (liquid crystal polymer). Materiály kontaktů musí odolávat vysokým teplotám. Používají se nikl, měď, slitiny niklu a mědi, stříbro. Kontaktní spoje objímky mají být konstruovány tak, aby spočívaly v polokruhové části kontaktu zdroje světla. Objímky R7s jsou vybaveny pružinou. U objímek mající kontakty z jiných materiálů než stříbro, nemá být kontaktní síla menší než 20 N. U stříbrných kontaktů je tato síla 10 N. Propojovací vodiče objímky musí vydržet teplotu 200 °C, musí mít adekvátní izolační vlastnosti i při vysoké vlhkosti. [9]



Obrázek 14.: Keramická objímka BJB, Rx7s a její konstrukční řešení [O11]

Pro omezení rázů a vibrací je důležité použít objímku světelného zdroje, která je ve dvoustikovém provedení. Tyto objímky zajišťují dobrý kontaktní přitlak díky speciální ocelové pružině a její kontaktní síle.

### 3.2.2 Požadavky na světelné zdroje pro omezení vibrací

Tyto požadavky jsou směřovány zejména ke konstrukčnímu řešení světelných zdrojů. Ke konstrukčním parametrům patří zejména vnější a připojovací rozměry, hmotnost, výška světelného středu, rozměry svítícího tělesa, tvar baňky a její optické vlastnosti, typ patice apod.

Protože světelné zdroje jak výbojové, tak teplotní obsahují konstrukční prvky pro vznik světelného záření, mohou se tyto mechanismy vlivem působení vibrací a rázů deformovat a způsobit tak ulomení či poškození světelně činné části světelného zdroje a tím zkrátit jeho fyzický život. Z těchto důvodů je rozhodující správný výběr světelného zdroje z hlediska jeho konstrukce pro omezení těchto nepříznivých vlivů.

#### Teplotní světelné zdroje

U teplotních zdrojů jako žárovka se pro omezení vibrací používají přídatné držáky vlákna, díky kterým je žárovka odolná proti nárazu, u halogenových světelných zdrojů to jsou zpevněné podpory vlákna zajišťující maximální bezpečnost, nárazu vzdornost a delší životnost.

#### Výbojové světelné zdroje

Vysokotlaké sodíkové výbojky jsou pro omezení vibrací charakterizovány robustní konstrukcí, či dvoustikovým provedením s paticí Rx7s, Fc2. U halogenidových výbojek s paticí Rx7s, Fc2 zejména dvoustikovým provedením, malou výškou světelného středu, malá hmotnost.

Indukční výbojka není konstruovaná z částí, které by byly náchylné na ulomení či deformování, největší problém je však velká hmotnost.



Obrázek 15.: Ukázka některých typů světelných zdrojů v provedení k omezení mechanického namáhání. Zleva halogenová žárovka s držákem vlákna, žárovka s podpěrami, halogenidová výbojka s paticí Fc2 [O12]

Vibrace či mechanické nárazy působící na svítidlo mohou mít také neblahý vliv na fyzický život světelného zdroje. S tím je spojena doba svícení do okamžiku úplné ztráty provozuschopnosti. U žárovek to může být například doba do přerušení vlákna. U výbojových zdrojů do ztráty schopnosti zapálit výboj. Z toho důvodu je potřeba stanovit konstrukční požadavky, které by pro omezení či utlumení vibrací a nárazů měly světelné zdroje obsahovat.

### **Výbojové světelné zdroje**

- Dvoustiskové uložení světelného zdroje u s paticí Rx7s, Fe2
- Jednostiskové uložení světelného zdroje s paticí G12
- Dvoubodové uchycení nosného rámečku
- Malá výška světelného středu a malá hmotnost světelného zdroje

### **Teplotní světelné zdroje**

- Podpěrky vláken u teplotních světelných zdrojů
- Malá výška světelného středu
- Malá hmotnost světelného zdroje

## **3.3 Ochrana proti mechanickým nárazům**

Protože světelné zdroje samy o sobě nejsou odolné proti různým vlivům prostředí, umísťují se do svítidel. Svítidla musí mít dostatečnou mechanickou pevnost a musí být konstruována tak, aby byla bezpečná po takovém hrubém zacházení, jaké je možno očekávat při normálním používání.

Splnění požadavků se kontroluje zkouškou, kde proti zkušebnímu vzorku se působí nárazy tvořenými pružinovým přístrojem nebo jiným vhodným prostředkem, který poskytne rovnocenné výsledky. Pro zajištění ochrany světelného zdroje před vibracemi a rázy musí být svítidlo opatřeno krytem s patřičnou ochranou proti mechanickým nárazům s označením IK kód. [10]

### **Ověření ochrany proti mechanickým nárazům**

Pro ověření ochrany proti mechanickým nárazům, musí být na zkoušený kryt aplikovány údery. Podle velikosti nárazu (J) jaký svítidlo vydrží, přiřadí se mu určitý kód IK. Při zkoušce musí být kryt (svítidlo) čistý a nový, kompletní se všemi částmi. Svítidlo musí být připevněno na tuhou podložku a na každou přípustnou plochu je aplikováno pět nárazů.

Jako zkušební zařízení se používá palička, pružinový přístroj nebo volně padající kladivo. Zkouška simuluje dané provozní podmínky, z těchto důvodů je zapotřebí stanovit podmínky pro upevnění, montáž, polohu, zda má být zkoušené zařízení pod napětím, je li provozováno v pohybu apod. [11]

- Po zkoušce nesmí být zkušební vzorek poškozen
- Živé části se nesmí stát přístupnými
- Účinnost z izolačního materiálu se nesmí zhoršit
- Zkušební vzorek musí i nadále splňovat ochranu proti prachu, pevných cizích těles a vodě, odpovídající svému zatřídění
- Musí být možnost odstranění a opětovného namontování vnějších krytů, aniž by došlo ke zlomení těchto krytů nebo jejich izolačního obložení [10]



## IK kód

System kódování je určen pro označení stupně ochrany poskytovaného krytem proti škodlivým mechanickým nárazům. K charakteristické skupině dvou číslic je přiřazena energie nárazu. [11]

Tabulka 7.: Vztah mezi IK kódem a nárazovou energií [11]

IK kód	IK00	IK04	IK05	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10
Energie nárazu (J)	-	0,5	0,7	1	2	5	10	20

IK00 – svítidlo bez označení, IK04 – zpevněný optický střed, IK07 – zesílený materiál svítidla  
IK10 – provedení svítidla odolné vandalismu

Ověření ochrany proti mechanickým nárazům se provádí následujícím způsobem. Kladivo které sestává z tělesa o stanovené hmotnosti padá volným pádem ze stanovené výšky z klidové polohy na povrch krytu. Úderník má tvar polokoule o stanoveném poloměru. [11]

### 3.3.1 Výpočet nárazové energie pro IK 10

Výpočet energie, která působí zkoušený předmět při zkoušce pro ověření ochrany proti mechanickým nárazům, se vypočítá z níže uvedeného vzorce. Základní veličiny působící na svítidlo jsou hmotnost úderníku -  $m = 5$  kg, výška, ze které padá úderník na zkoušený předmět -  $h = 0,4$  m, tíhové zrychlení -  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

$$W = E_{p0} = m \cdot g \cdot h \quad (\text{N} \cdot \text{m}^{-1}; \text{kg}, \text{m}) \quad (15)$$

$$E_{p0} = 5 \cdot 9,81 \cdot 0,4 = 19,62 \cong 20 \text{ J}$$

$$E_{k0} = 0 \text{ J}$$

$$E = E_{p0} + E_{k0} = 19,62 \cong 20 \text{ J}$$

$E_{p0}$  - polohová energie ( $\text{N} \cdot \text{m} = \text{J}$ ),  $g$  - normální tíhové zrychlení ( $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ),  $m$  - hmotnost (kg)

Tímto výpočtem jsem si ověřil výsledné hodnoty energie v tabulce 7. pro ochranu proti mechanickým nárazům IK10. Úderník působí na zkoušený předmět energií 20 J. Vypočtená hodnota se shoduje s normativními údaji.

### 3.3.2 Ověření ochrany proti mechanickým nárazům působících na svítidla

Pro ověření ochrany proti mechanickým nárazům jsem posuzoval svítidlo Modus Crono 2. Svítidlo bylo výrobcem ověřeno z hlediska ochrany proti mechanickým nárazům a byl mu přiřazen kód IK08. Svítidlo bude umístěno na jeřábové konstrukci. Při okamžitém zastavení jeřábu a zanedbání brzdné dráhy bude na jeho konstrukci působit nárazová energie. Nárazová energie je kinetická energie pohybujícího se tělesa a rovná se práci, která musí být vykonána k uvedení tohoto tělesa do stavu klidu. Množství energie by nemělo přesáhnout stupeň ochrany proti mechanickým nárazům IK08.

Svítidla umístěná na jeřábu budou mít při jeho pohybu kinetickou energii, kde její velikost závisí na hmotnosti svítidla  $m = 4,6 \text{ kg}$  a rychlosti jeřábu na kterém jsou instalována svítidla  $v = 1,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Kinetická energie je určena vztahem:

$$W_{\max} = E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \text{ (N} \cdot \text{m}^{-1}; \text{ kg, m} \cdot \text{s}^{-2} \text{)} \quad (16)$$

$$E_k = \frac{1}{2} 4,6 \cdot 1,4^2 = 4,5 \cong 5 \text{ J}$$

$E_k$  - kinetická energie ( $\text{N} \cdot \text{m}^{-1} = \text{J}$ ),  $v$  - rychlost ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ),  $m$  - hmotnost (kg)

Tímto výpočtem jsem zjistil velikost nárazové energie, která bude působit na svítidlo při zastavení jeřábu, při zanedbání brzdné dráhy. Svítidlo musí obsahovat ochranu proti mechanickým nárazům nejméně v krytí IK08.

### 3.3.3 Způsoby tlumení kinetické energie

Způsobů tlumení kinetické energie je celá řada. Nás pro tlumení kinetické energie působící na svítidla umístěná na jeřábové konstrukci bude zajímat zejména tlumení pružnými prvky.

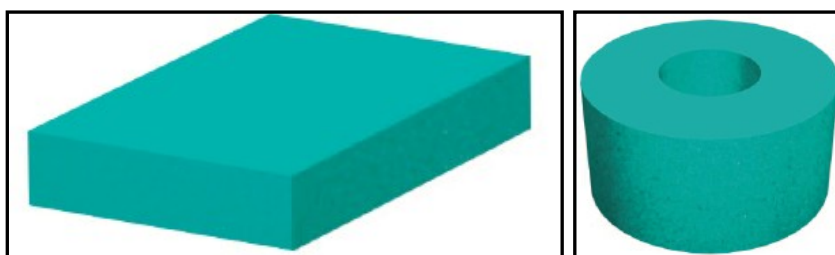
#### Tlumení pružnými prvky

Pro tlumení kinetické energie se používají pružiny a nárazníky z pružných materiálů jako je guma, plasty a podobně. Přijatá kinetická energie je akumulována a při opačném pohybu je tato energie opět předána tělesu. Tlumení s pružnými prvky je vhodné pro zařízení s menšími nároky na průběh tlumení kinetické energie.

#### Tlumicí podložka ACE-SLAB

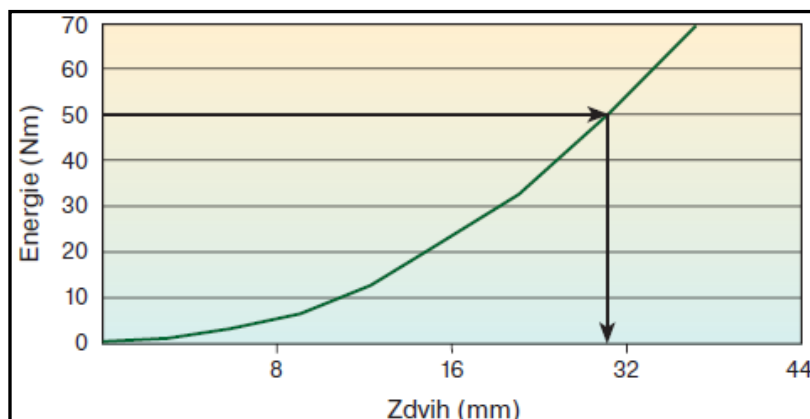
Tyto podložky tlumí vibrace a rázy díky viskoelastickým PUR materiálům, nabízí všem technickým směrům nové možnosti pro absorpci energie značného plošného rozsahu, jakož speciální tvary dle požadavků zákazníka. Jednoduchá montáž představuje ideální řešení v případě velkého množství tlumících požadavků pro absorpci nebo izolaci vibrací.

Pro tlumicí podložky je použit nejnovější materiál z polyuretanových elastomerů. Tento materiál je charakterizován značným vnitřním tlumením, odrazová pružnost  $< 30\%$ .

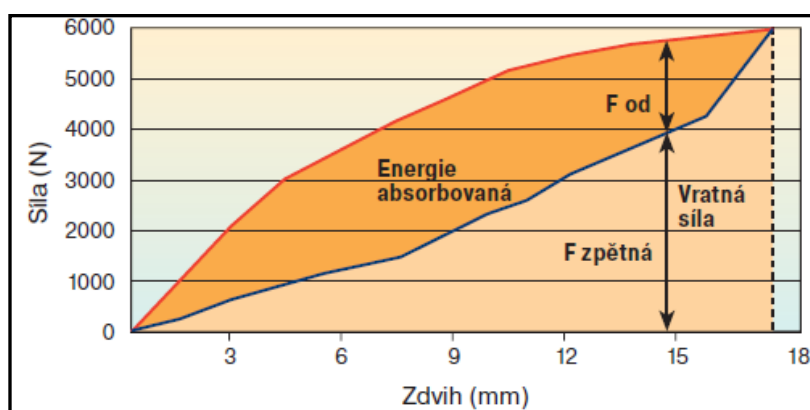


Obrázek 16.: Tlumicí podložky ACE-SLAB, [O13]

Tlumicí podložky ACE-SLAB jsou dvojího typu, jednak tlumí vibrace (kmity o velké frekvenci s malou amplitudou) a také rázy (kmity s velkou amplitudou a malou frekvencí). Pro použití podložky na jeřábu musíme proto uvažovat rázy, které vznikají při náhlém zastavení jeřábu.



Obrázek 17.: Dynamická charakteristika energie - zdvih, [O14]



Obrázek 18.: Dynamická charakteristika síla – zdvih [O15]

Výše uvedené křivky znázorňují celkové a absorbované množství energie dopadající na podložku. Obrázek 17 znázorňuje závislost mezi množstvím kinetické energie ( $N \cdot m = J$ ), která působí na tlumič a jejím zdvihem (mm). Například při šířce podložky 30 mm, s účinností zdvihu 50 % bude tlumič absorbovat energii využitelným zdvihem 15 mm. Při dopadové energii  $50 N \cdot m$  je zapotřebí zdvih asi 30 mm.

### Výpočet absorbované energie tlumicí podložkou

V případě, kdy použijeme tlumicí podložky ACE-SLAB, kterou umístíme pod svítidlo, bude jeho přijatá kinetická energie akumulována a při opačném pohybu bude energie opět předána tělesu. Absorbovanou energii je možno zjistit z rozdílných hodnot mezi nárazovou a odrazovou energií. Výpočet je proveden za předpokladu kdy na těleso nepůsobí hnací síla, ale pouze síla v kmitu. [12]

$$W_{\max} = E_k = \frac{1}{2} 4,6 \cdot 1,4^2 = 4,5 J$$

Celková energie dopadající na tlumicí podložku bude mít energii  $W_{\max} = 4,5 J$ . Použitím tlumicí podložky ACE-SLAB uvedené v tabulce 8. budeme schopni tuto nežádoucí energii, která působí na svítidla ve formě rázů omezit na minimální hodnotu.

Tabulka 8.: Výkonnostní tabulka tlumící podložky ACE-SLAB [12]

ACE-SLAB	$W_{MAX}$	zdvih	Šířka	Hustota	Hmotnost
	(J = N·m)	(mm)	(mm)	Kg/m <sup>3</sup>	(kg)
SL-30-25-D-MP2	5,7	12	25	270	0,034

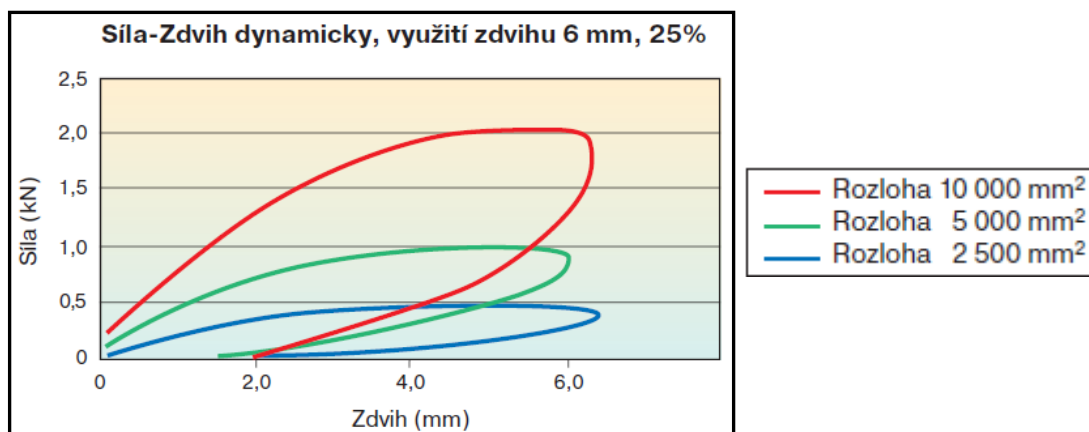
Absorpce energie a využitelný zdvih jsou znázorněny na níže uvedené dynamické charakteristice vztahené na volný pád s dopadovou rychlostí 1 m·s<sup>-1</sup>. Absorpce energie závisí na konkrétní dopadové ploše a na využitelném zdvihu tlumící podložky. Při déle trvajícím zatížení dochází k redukci absorpce vlivem únavy materiálů. Množství absorbované energie je možno vyjádřit reakční neboli brzdící silou. Zdvih tlumiče byl vybrán z katalogu ACE-SLAB, s = 0,006 m.

### Reakční – brzdící síla tlumící podložky

$$Q = \frac{1,5 \cdot E_K}{s_e} \quad (\text{N}; \text{N} \cdot \text{m}^{-1}, \text{m}) \quad (17)$$

$$Q = \frac{1,5 \cdot E_K}{s_e} = \frac{1,5 \cdot 4,5}{0,006} = 562 \text{ N}$$

$E_K$  - Kinetická energie (N·m<sup>-1</sup> = J),  $s_e$  - zdvih tlumiče (m)



Obrázek 19.: Síla přenášená se na podložku v závislosti na zdvihu [O16]

Použitím tlumící podložky ACE-SLAB (SL-30-25-D-MP2) k omezení rázů působící na svítidla jeřábové dráhy můžeme vzniklé rázy absorbovat a tímto prodloužit fyzický život svítidla a světelného zdroje.

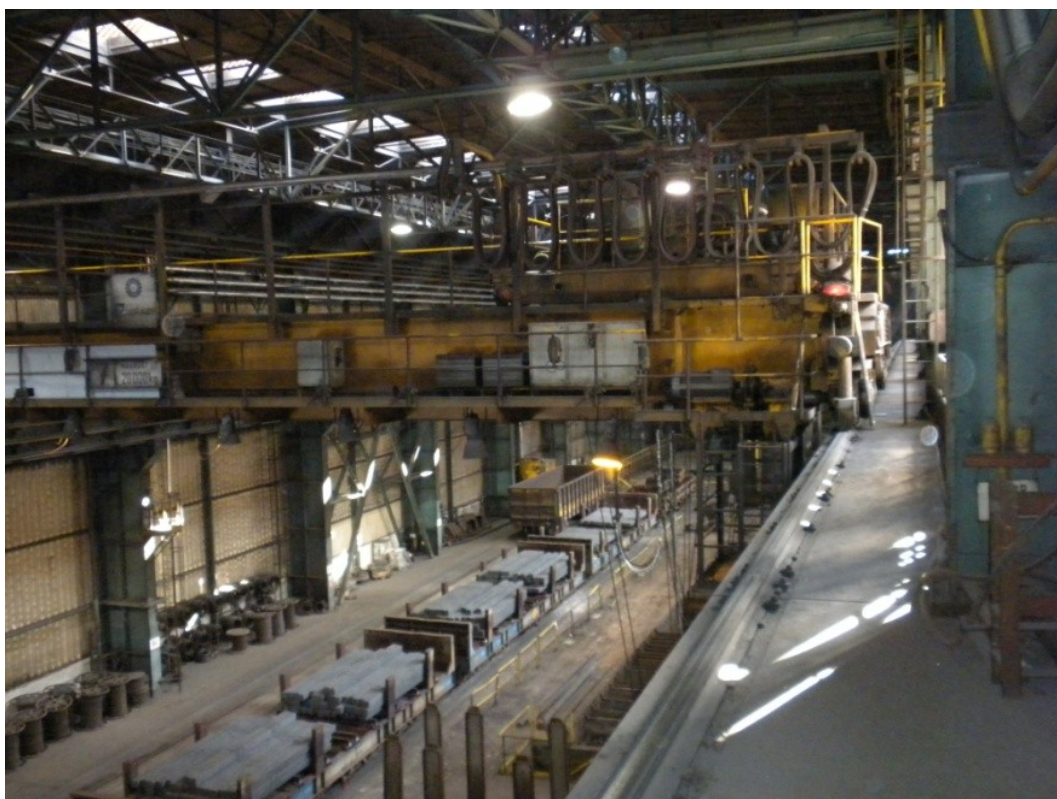
Výše uvedená dynamická charakteristika ukazuje, že při šířce podložky 25 mm a 25 % využití zdvihu je podložka schopna absorbovat reakční sílu 562 N při rozloze podložky 5000 mm<sup>2</sup>. Výběr svítidla s požadovaným krytím proti mechanickým nárazům ve spojení s návrhem a výběrem tlumící podložky je možno znik rázů eliminovat popřípadě snížit velikosti ochrany proti mechanickým nárazům. [12]

## 4 Popis stávajících osvětlovacích soustav jeřábových drah

### 4.1 Obecný popis haly, ve které se nachází osvětlovací soustavy

Osvětlovací soustavy, kterými se zabývá tento projekt, se nachází v objektu haly zařízení plynulého odlévání oceli (dále jen ZPO1). Tato hala je součástí ocelárny ArcelorMittal Ostrava, a.s. V této hale se nachází dva mostové klešťové jeřáby (dále jen MKJ). Již zmíněné osvětlovací soustavy sestávají z centrálního stropního osvětlení a místního osvětlení na konstrukci mostového klešťového jeřábu. Hala ZPO1 o rozměrech d x š x v (108 x 27 x 25 m) spolu s jejím zařízením je určena k výrobě plynule litých předlitků, které jsou dále zpracovávány i mimo tuto budovu.

Severní část haly ZPO1 je opatřena zásuvnými vraty, jsou do ní přivedeny železniční koleje pro transport ocelových odlitků. MKJ v této části haly, předlitky ukládá na vagóny pro transport k dalšímu zpracování. Osvětlovací soustava, která je umístěna na jeho konstrukci, slouží zejména pro obsluhu jeřábu ke zlepšení zrakové pohody a zvýšení zrakového výkonu na místě pracovního úkolu.



Obrázek 20.: Osvětlovací soustavy haly - Zařízení plynulého odlévání oceli

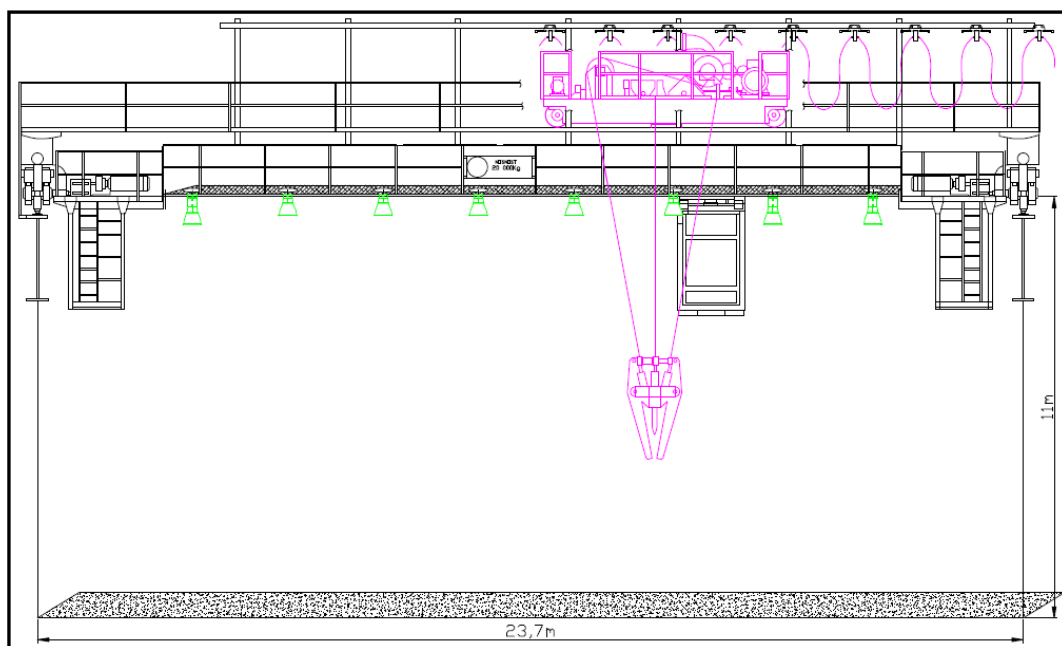
V prostoru haly ZPO1 se vyskytují korozivní a znečišťující látky vzniklé produkcí brusných, vodivých či nevodivých prachů. Tento polétavý prach je podporován pohybem vzduchu, který je přiváděn z větracích otvorů pohybem vagónů a samotným pohybem jeřábové dráhy.

Elektrická zařízení, v našem případě svítidla používaná v prostorách haly ZPO1, musí splňovat stupeň ochrany proti vniknutí pevných cizích těles a vody v krytí nejméně IP 54. Jedná se o svítidla používaná pro těžký provoz. Na jeřábová svítidla působí nejen zmíněná prašnost, ale jsou také vystavena vibracím a pohybovým rázům způsobeným zrychlením jeřábu či jeho zastavením. Svítidla používaná na jeřábech musí splňovat patřičné zkoušky vibracemi podle ČSN 60598-1 ed.5 a mechanické pevnosti podle ČSN EN 50102.

Teplota vyskytující se v prostředí se pohybuje v rozmezí  $-5 \div 40^{\circ}\text{C}$  s relativní vlhkostí  $5 \div 95\%$ . Z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem podle ČSN 33 2000-3 jde o prostory zvlášť nebezpečné.

## 4.2 Popis jeřábu a jeho osvětlovací soustavy

MKJ sestává z pojezdového mostu, jeřábové dráhy a pojízdného zdvihadla. Jeřábový most se opírá podvozky o jeřábovou dráhu, která je uložena ve zdech budovy. Pojízdné zdvihadlo slouží ke zdvihu břemena pod úroveň jeho jízdy. MKJ je opatřen prostředkem na uchopení břemena zavěšeným na kočce.



Obrázek 21.: Mostový klešťový jeřáb

Jeřáb je umístěn ve výšce 11 m, jeho hmotnost činí 131,4 t a rychlost pojezdu mostu v podélném směru je  $1,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Jeřáb je na své spodní části pro osvětlení pracoviště osazen osmi svítidly firmy Elektrosvit Svatobořice a.s. Svítidla jsou upevněna ke konstrukci jeřábu pomocí závěsného oka. Pět svítidel Meridián je osazeno žárovkovými světelnými zdroji. Tři svítidla Korex I jsou osazena vysokotlakými sodíkovými výbojovými světelnými zdroji. Příloha č. I obsahuje detailní popis osvětlovací soustavy.

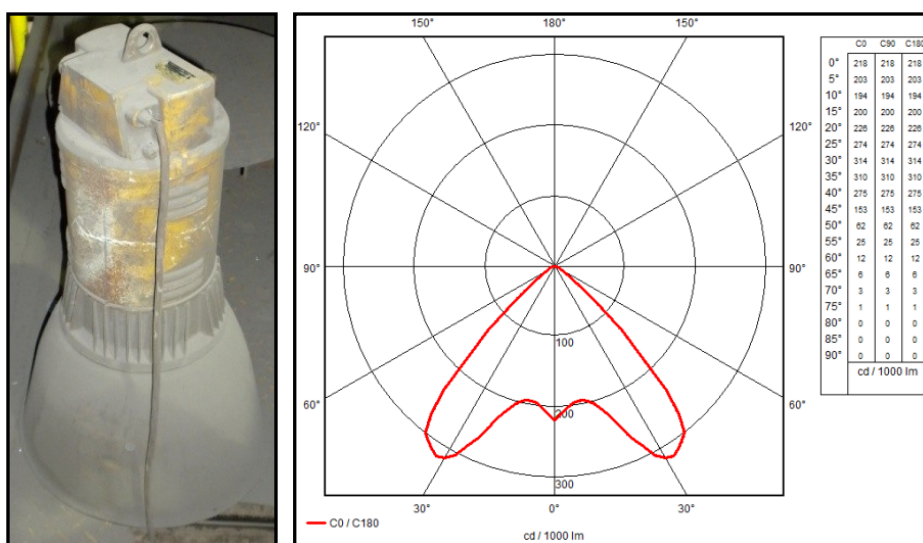


#### 4.2.1 Osvětlení pracoviště jeřábové dráhy

##### Svítilidlo Korex I (v. č. 341 19 01)

Svítilidlo je určeno k osvětlování vnitřních průmyslových prostor. Z hlediska konstrukce se svítidlo skládá z přípojovací, předřadnikové a světelně činné části. Přípojovací a předřadniková část je tvořena z ocelového lakovaného plechu. V přípojovací části je umístěná čtyřpólová svorkovnice s možností připojení vodičů do průřezu 4 mm<sup>2</sup>.

Dále je opatřena vnější i vnitřní ochrannou svorkou, dvěma vývodkami Pg 16 a závěsným okem  $\phi$  20 mm. Předřadné přístroje jsou umístěny v předřadnikové části svítidla. Přístup k nim v případě poruchy je možný po odmontování krytu skříně. Reflektor je vyroben ze smaltovaného ocelového plechu. V tělese svítidla je upevněna objímka E 40. Prostor světelně činné části není uzavřen bezpečnostním sklem. Svítidlo je vybaveno vysokotlakým sodíkovým výbojovým světelným zdrojem NAV-T 250 W. [14]



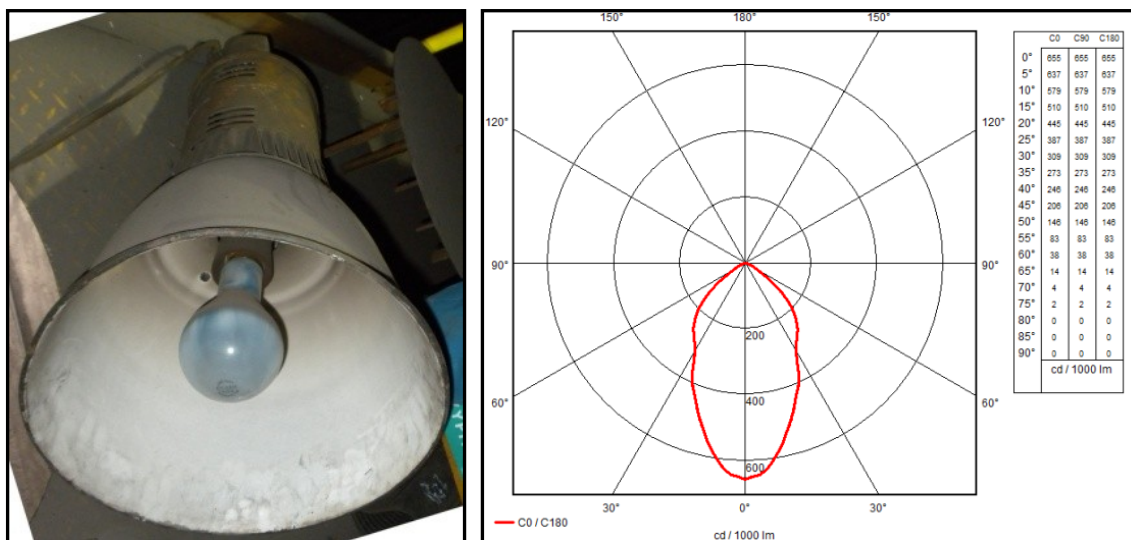
Obrázek 22.: Svítidlo Korex I a jeho křivka svítivosti

Tabulka 9.: Technické údaje svítidla Korex I [14]

Technické údaje svítidla Korex I (NAV-T 250W)						
Příkon svítidla	Napájecí napětí	Účinnost svítidla	Světelný tok zdroje	Měrný výkon	Hmotnost svítidla	Krytí IP
$P$ (W)	$U_n$ (V)	$\eta$ (%)	$\Phi$ (lm)	$\eta_p$ (lm·W <sup>-1</sup> )	$m$ (kg)	
250	230	80	28 000	112	13,9	IP23

## Svítlidlo Meridián (v. č. 311 21 01)

Stejně jako svítidlo KOREX je toto svítidlo určeno k osvětlování vnitřních průmyslových prostor. Z hlediska konstrukce se svítidlo skládá z tělesa a reflektoru. Těleso je tvořeno odlitky z AlSi. V tělese svítidla je umístěná čtyřpólová svorkovnice s možností připojení vodičů do průřezu 4 mm<sup>2</sup>. Dále je opatřena vnější i vnitřní ochrannou svorkou, dvěma vývodkami Pg 16 a závěsným okem. Svítidlo je vybaveno objímkou pro světelný zdroj s paticí E 40. Reflektor je vyroben ze smaltovaného ocelového plechu. Prostor světelně činné části není uzavřen bezpečnostním sklem. Svítidlo je vybaveno žárovkovým světelným zdrojem. [14]



Obrázek 23.: Svítidlo Meridián a jeho křivka svítivosti

Tabulka 10.: Technické údaje svítidla Meridián [14]

Technické údaje svítidla Meridián ( Ž - 500 W)						
Příkon svítidla	Napájecí napětí	Účinnost svítidla	Světelný tok zdroje	Měrný výkon	Hmotnost svítidla	Krytí IP
$P$ (W)	$U_n$ (V)	$\eta$ (%)	$\Phi$ (lm)	$\eta_p$ (lm·W <sup>-1</sup> )	$m$ (kg)	
500	230	80	4 000	8	13,9	IP23

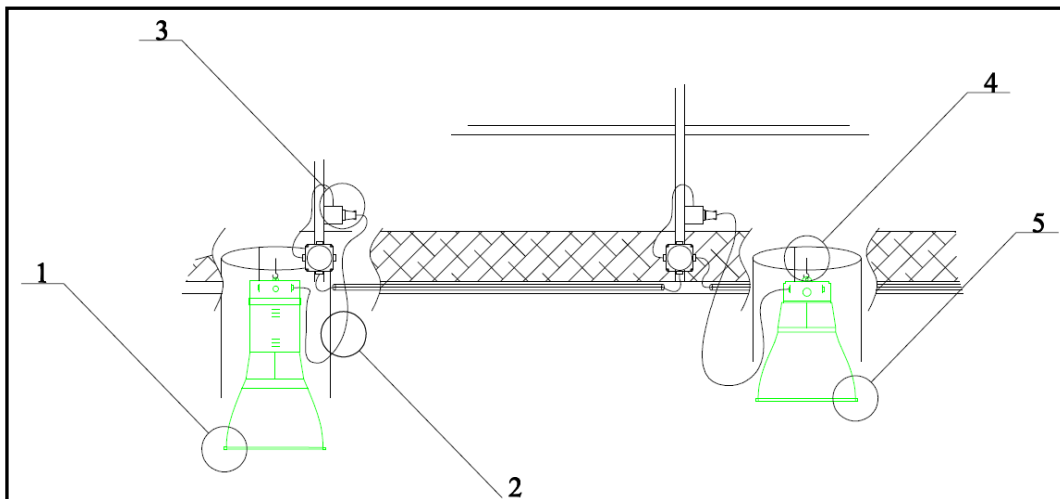
## Připojení svítidel k síti elektrické energie

Připojení svítidel k síti elektrické energie je realizováno měděnými kabely s pryžovou izolací a pryžovým pláštěm typu CGSG, CGTG . Každé svítidlo je připojeno k síti elektrické energie 230V/50 Hz vodičem CGLG 3Cx1,5 zakončeno dvoupólovou vidlicí s postraním vývodem 5536-2154 250V, 10 A. Zásuvka 250V, 10A je napájena z rozvaděče a jištěna pojistkou FU/25A. V místech, kde by mohlo nastat mechanické poškození jsou vodiče chráněny patřičným krytem.



#### 4.2.2 Popis montáže a údržby stávajících svítidel jeřábu

Jednotlivá svítidla jsou připevněna ze spodní části, k průchozí kovové lávce jeřábu. Díky odnímatelnému kovovému víku, ke kterému je svítidlo připevněno, lze jednotlivá svítidla shora vytáhnout a provést údržbu. Z důvodu častých pohybů jeřábu je víko ze strany svítidla opatřeno kovovými tyčemi pro zabránění velkému vychýlení svítidla z osy svícení při zrychlení či zastavení jeřábu.



Obrázek 24.: Popis stávající osvětlovací soustavy na jeřábu; 1. Svítidlo Korex I, 2. Připojení svítidla k síti EE kabelem CGLG 3Cx1,5, 3. Zkončení kabelu dvoupólovou vidlicí s postraním vývodem, 4. Způsob uchycení stávajících svítidel ke konstrukci jeřábu, 5. Svítidlo Meridián

#### 4.3 Popis centrálního osvětlení haly

Hala ZPO 1 je doplněna stropním osvětlením, které je umístěno na osvětlovacích lávkách ve výšce 17 m. Stropní osvětlení haly je realizováno 20-ti světlomety v. č. 541 19 01 firmy Elektrosvit Svatobořice a.s. Svítidlo je určeno pro osvětlení průmyslových hal, prostranství vnitřních sportovních prostor, povrchových dolů a podobně. Funkční celek tvoří svítidlo a pojistkou jištěná kompenzovaná předřadníková skříň se zapalovačem.

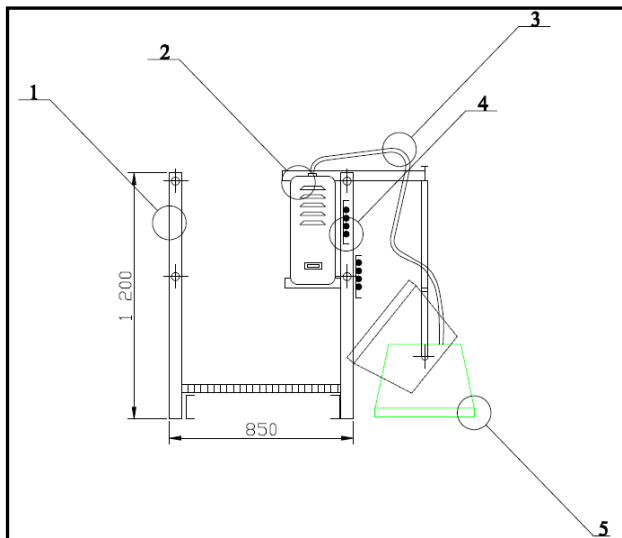
Těleso svítidla je z ocelového plechu. Prostor světelně činné části je uzavřen bezpečnostním sklem. Ochranné sklo s profilovým gumovým těsněním je upevněno k reflektoru pomocí lakovaného ocelového rámu. Světelně činná část svítidla je tvořena rastrovaným zrcadlovým reflektorem z Al plechu. Svítidlo je vybaveno ocelovým nosníkem, který je třemi šrouby přimontován ke konstrukci svítidla. Nosník je přimontován k ocelové konzole, která je součástí osvětlovací lávky. Svítidlo se po správném namontování dá otáčet ve vertikální rovině okolo vodorovné osy. Příloha č. 1 obsahuje také detailní popis stávající osvětlovací soustavy.

Tabulka 11.: Technické údaje výbojového svítidla 541 19 01 [14]

Technické údaje svítidla 451 19 01 (Hqi-T 2000W/D)						
Příkon svítidla	Napájecí napětí	Účinnost svítidla	Světelný tok zdroje	Měrný výkon	Hmotnost svítidla	Krytí IP
$P$ (W)	$U_n$ (V)	$\eta$ (%)	$\Phi$ (lm)	$\eta_p$ (lm·W <sup>-1</sup> )	$m$ (kg)	
2000	400	97	180 000	88	30,5	IP54



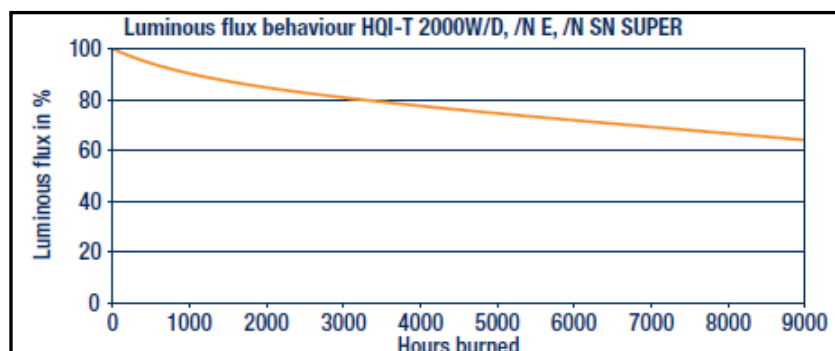
Obrázek 26.: Halogenidová výbojka HQI-T 2000 W-D, [O17]



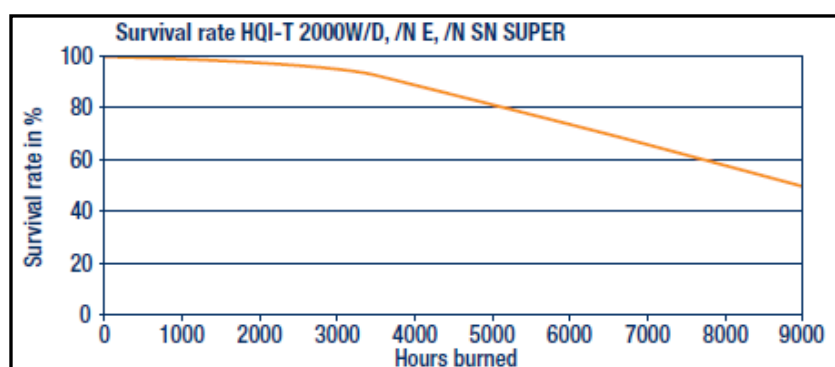
Obrázek 25.: Popis stávajících osvětlovacích soustav celkového osvětlení haly ZPO 1; 1. Průchozí lávky, 2. Pojistkou jištěná kompenzovaná předřadníková skříň, 3. Připojení svítidla kabelem k předřadníkové skříni, 4. Kabelový rošt, 5. Svítidlo 541 19 01

Z níže uvedených obrázků úbytku světelného toku a počtu funkčních světelných zdrojů a v závislosti na čase pro výbojku OSRAM HQI-T 2000W-D je možno vyčíst činitel stárnutí světelných zdrojů LLMF a činitel funkční spolehlivosti světelného zdroje LSF.

Obrázek 28. zachycuje závislost počtu svítících světelných zdrojů (%) na době svícení. Výrobce tohoto světelného zdroje zaručuje, že po udané průměrné době života 9000 hodin musí pracovat 50 % z původního počtu světelných zdrojů. [4]



Obrázek 27.: Závislost velikosti světelného toku halogenidových výbojek OSRAM HQI-T na počtu odsvícených hodin, [O18]



Obrázek 28.: Závislost počtu funkčních halogenových výbojek OSRAM HQI-T na počtu odsvícených hodin, [O19]

## 4.4 Zhodnocení stávajících osvětlovacích soustav

Osvětlovací soustavu jsem posuzoval měřením a výpočty v softwaru Relux Suite. Přesné rozměry, situační schéma budovy, zakreslení srovnávací roviny a měřících bodů nalezneme v příloze II. Z těchto a dalších dílčích parametrů jsem vycházel při světelně technických výpočtech osvětlovací soustavy. Měření stávajícího stavu osvětlovacích soustav v hale ZPO1 proběhlo dne 16. 2. 2012. Výsledek z tohoto měření je obsažen rovněž v příloze II. Pro posouzení naměřených a vypočtených hodnot osvětlovacích soustav jsem vycházel také z normy ČSN EN 12464 - 1.

### 4.4.1 Výsledky měření umělého osvětlení haly

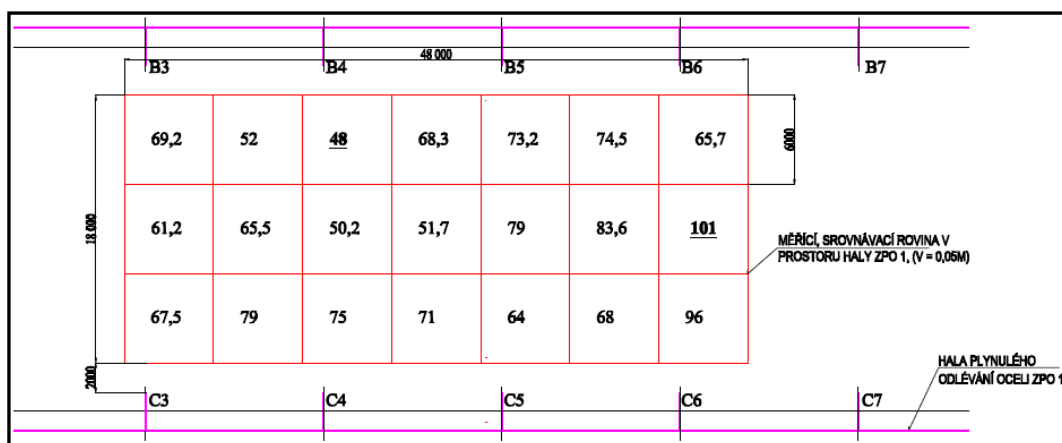
Dle normy ČSN hala ZPO1 spadá do prostoru **výrobního zařízení s občasným ručním ovládáním**. Tento prostor dle již zmíněné normy musí splňovat tyto hodnoty:

Tabulka 12.: Srovnání požadovaných a naměřených hodnot celkového prostoru haly

Celkový prostor haly	$E_m$ (lx)	$UGR_L$ (-)	$r_{min}$ (-)	$R_a$ (-)
Požadované hodnoty	150	28	0,5	40
Naměřené hodnoty	75,3	-	0,69	-

Při měření intenzity osvětlení této osvětlovací soustavy si musíme uvědomit, že okamžitá hodnota osvětlenosti v určitém čase je podmíněna mnoha okolnostmi. Některé mají krátkodobý charakter a během denní doby se mohou měnit, jako napětí, frekvence, teplota.

Další mohou nabývat vratných a nevratných změn, které se projevují v delším časovém období, jako vlivy znečištění, stárnutí, poruchovost zdrojů a zařízení. [1]



Obrázek 29.: Síť měřicích bodů haly ZPO1 s naměřenými hodnotami,

Celkové osvětlení haly ZPO1 je realizováno svítidly, která zde byla instalována asi před 20 - ti lety. Světelné zdroje použité pro osvětlení haly jsou v provozu asi 8000 hodin za rok. Při měření nesvítily dvě svítidla.

Z tabulky 12. je patrné, že naměřená udržovaná osvětlenost 75,3 lx nesplňuje požadovanou hodnotu osvětlenosti 150 lx. Osvětlenost vnitřního prostoru haly má s postupem času klesající tendenci. Tato změna je daná stárnutím světelných zdrojů, znečištěním a stárnutím svítidel, znečištěním povrchů osvětlované místnosti.

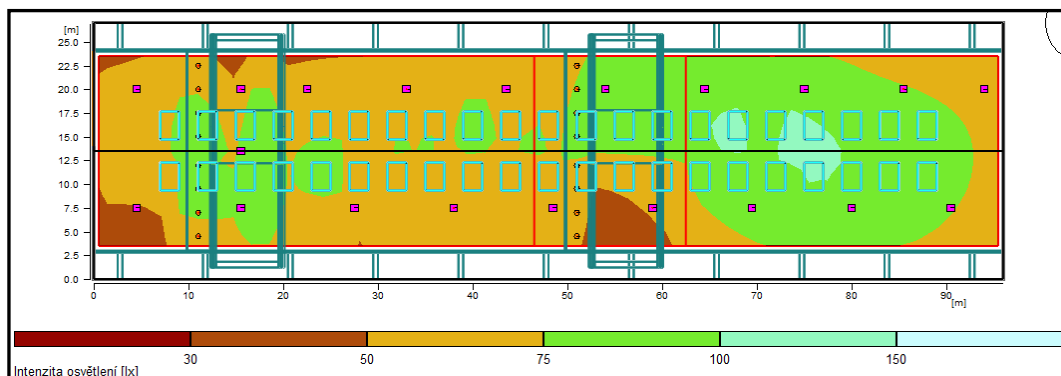
### Vliv údržby na celkovou osvětlenost

V příloze III. jsou uvedeny dva výpočty osvětlovací soustavy haly ZPO1, provedené softwarem Relux Suite. V těchto výpočtech je znázorněn stávající stav udržované osvětlenosti a stav počáteční osvětlenosti, který byl na počátku instalace.

První výpočet obsahuje stávající stav celkového osvětlení haly se zvoleným činitelem údržby 0,13. Takto zvoleným udržovacím činitelem jsem se chtěl přiblížit k reálným hodnotám intenzity osvětlení naměřených v tabulce 12. Vypočtená udržovaná osvětlenost  $E_m$  u této osvětlovací soustavy s činitelem údržby 0,13 (13%) činí 82 lx. Tuto hodnotu mohu brát za stávající stav udržované osvětlenosti.

Obsahem přílohy III. je rovněž stávající osvětlovací soustava, kde je činitel údržby roven jedné. Takto zvoleným činitelem údržby, si můžeme u stávající osvětlovací soustavy vypočíst hodnotu počáteční osvětlenosti, jaká by byla na počátku provozu této osvětlovací soustavy, bez vlivů stárnutí, znečištění a poruchovosti zdrojů, svítidel.

Počáteční osvětlenost  $E_0$  v této hale se záměrně zvoleným udržovacím činitelem, který je roven jedné, má hodnotu 630 lx. Ve výsledku jsem chtěl přiblížit, jak velice souvisí stárnutí světelných zdrojů, znečištění a stárnutí svítidel s vyzařovaným světelným tokem. Při poklesu světelného toku dochází také ke změně jeho distribuce do osvětlovaného prostoru a tím k poklesu celkové udržované osvětlenosti.



Obrázek 30.: intenzita osvětlení v hale ZPO 1 znázorněná v pseudobarvách,

### Ověření udržovacího činitele

$$z_c = \frac{E_m}{E_0} \cdot 100 \quad (\%; \text{ lx}, \text{ lx}) \quad (18)$$

$$z_c = \frac{82}{630} \cdot 100 \cong 13\%$$

Pro oba výpočty je uvažován celkový příkon osvětlovací soustavy kdy nesvítí dvě svítidla 38 000 W, celkový světelný tok všech zdrojů v prostoru činí 3092 klm. U stávající osvětlovací soustavy při činiteli údržby  $z = 0,13$  je udržovaná osvětlenost  $E_m = 82 \text{ lx}$ . Při činiteli údržby  $z = 1$  je počáteční osvětlenost 630 lx.

K orientačnímu stanovení elektrického příkonu, kterého je potřeba k zajištění udržované osvětlenosti na srovnávací rovině v prostoru haly jsem použil vztah pro poměrný příkon  $p \text{ (W} \cdot \text{m}^{-2})$  který je dán vzthem:

$$p = \frac{P}{A} \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-2}; \text{ W}, \text{ m}^2) \quad (19)$$

$p$  - poměrný příkon ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ),  $P$  – elektrický příkon (W),  $A$  - plocha prostoru ( $\text{m}^2$ )

Z tohoto výše uvedeného vzorce jsem si vyjádřil elektrický příkon potřebný k osvětlenosti 100 lx na ploše haly  $1 \text{ m}^2$ .

$$P = \frac{p}{\frac{E}{100}} \quad (\text{W}; \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}; \text{ lx}) \quad (20)$$

V níže uvedených tabulkách jsou výpočty hodnot elektrického příkonu k dosažení  $100 \text{ lx/m}^2$  osvětlenosti příslušné danému stavu osvětlenosti v hale.

Tabulka 13.: Elektrický příkon potřebný k dosažení osvětlenosti 100 lx

STÁVAJÍCÍ SOUSTAVA – POČÁTEČNÍ OSVĚTLENOST $E_0$ ( $z = 1$ )	
Příkon osvětlovací soustavy $P$ (W)	38 000W
Počáteční osvětlenost $E_0$ (lx)	630 lx
Plocha prostoru haly $A$ ( $\text{m}^2$ )	2592 $\text{m}^2$
Poměrný příkon $p$ ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ )	14,66 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$
El. příkon k dosažení 100lx/ $\text{m}^2$	<u>2,33 <math>\text{W} \cdot \text{m}^{-2}/100\text{lx}</math></u>

Tabulka 14.: Elektrický příkon potřebný k dosažení osvětlenosti 100 lx

<b>STÁVAJÍCÍ SOUSTAVA – UDRŽOVANÁ OSVĚTLENOST (<math>z = 0,5</math>)</b>	
Příkon osvětlovací soustavy P (W)	38 000 W
Udržovaná osvětlenost $E_{m1}$ (lx)	262 lx
Plocha prostoru haly A ( $m^2$ )	2 592 $m^2$
Poměrný příkon p ( $W \cdot m^{-2}$ )	14,66 $W \cdot m^{-2}$
El. příkon k dosažení 100lx/ $m^2$	<u>5,6 <math>W \cdot m^{-2}/100lx</math></u>

Tabulka 15.: Elektrický příkon potřebný k dosažení osvětlenosti 100 lx

<b>STÁVAJÍCÍ SOUSTAVA – AKTUÁLNÍ STAV (<math>z = 0,13</math>)</b>	
Příkon osvětlovací soustavy P (W)	38 000 W
Udržovaná osvětlenost $E_{m2}$ (lx)	82 lx
Plocha prostoru haly A ( $m^2$ )	2592 $m^2$
Poměrný příkon p ( $W \cdot m^{-2}$ )	14,66 $W \cdot m^{-2}$
El. příkon k dosažení 100lx/ $m^2$	<u>17,89 <math>W \cdot m^{-2}/100lx</math></u>

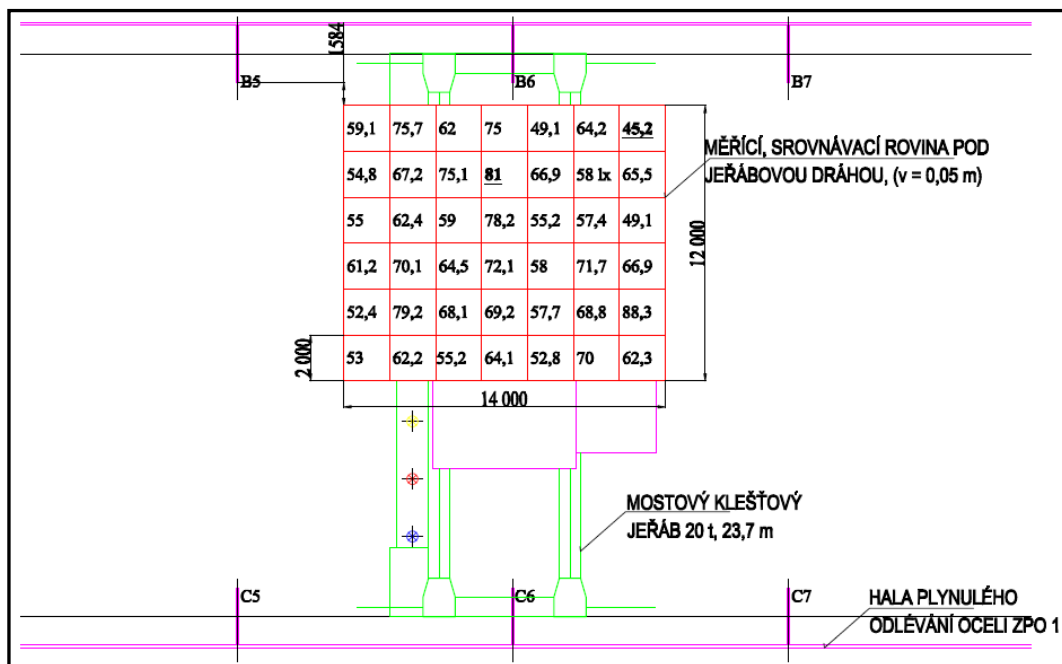
Již při návrhu osvětlení bylo vzato v úvahu znehodnocení soustavy. Doporučení jsou taková, aby činitel údržby neklesl pod hodnotu 0,5 až 0,7. Činitel údržby u stávající soustavy klesl asi na 0,13 (13%) vlivem nedostačující údržby, vzniklé energetické ztráty jsou značné. Tyto ztráty, se dají eliminovat častější a dokonalejší údržbou svítidel, světelných zdrojů a povrchů v osvětlovaném prostoru. Stávající osvětlovací soustava nevyhovuje současným požadavkům. Doporučuji zvýšit její údržbu, popřípadě provést výměnu celé osvětlovací soustavy.

#### 4.4.2 Výsledky měření umělého osvětlení jeřábu

Tento prostor spadá do kategorie **výrobního zařízení s trvalým ručním ovládáním**. V tomto prostoru pracuje jeřábík po celou dobu provozu. Tento trvalý pobyt osob je podřízen hygienickému minimu a musí splňovat požadované hodnoty v níže uvedené tabulce:

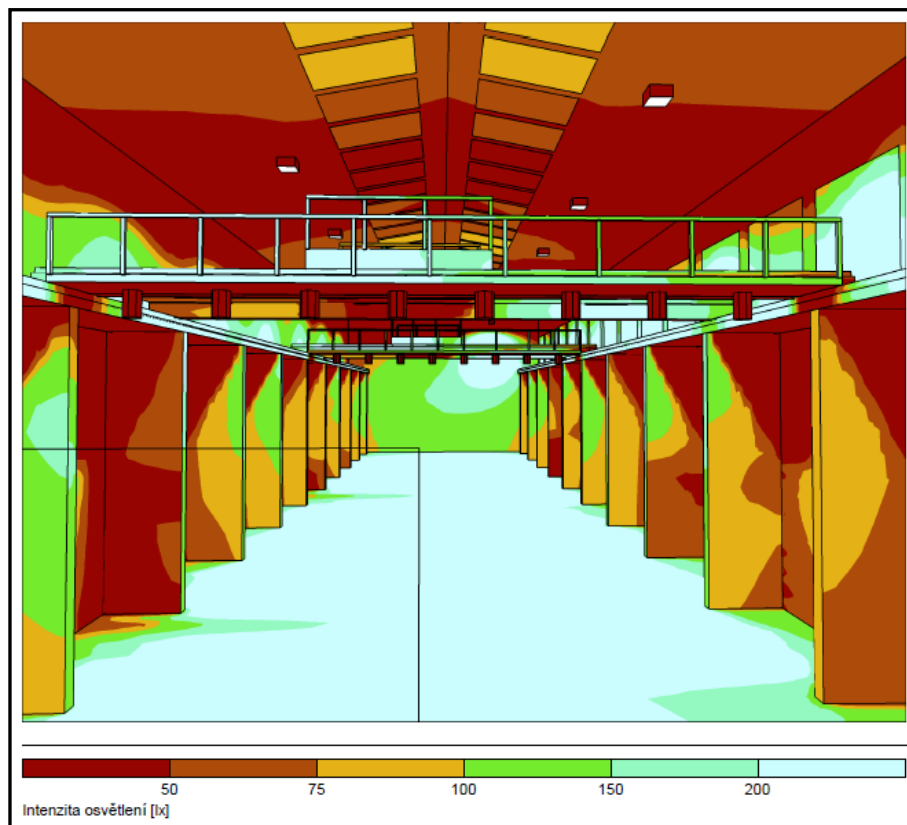
Tabulka 16.: Srovnání požadovaných a naměřených hodnot pracoviště MKJ

Pracoviště	$E_m$ (lx)	$UGR_L$ (-)	$r_{min}$ (-)	Ra (-)
Požadované hodnoty	200	25	0,7	80
Naměřené hodnoty	69,4	-	0,69	-



Obrázek 31.: Sít' měřících bodů pod jeřábovou dráhou

Z výsledků měření je jasné, že udržovaná osvětlenost 69,4 lx nesplňuje požadovanou hodnotu udržované osvětlenosti 200 lx. Osvětlovací soustava na jeřábu je zastaralá, světelné zdroje jsou již za ekonomickou dobou života. Osvětlovací soustava nesplňuje požadavky na vibrace, minimální krytí IP54, mechanickou odolnost IK, která je pro použití na jeřábu daná zejména hmotností svítidla. Udržovaná osvětlenost pracoviště je ovlivněna také celkovým osvětlením. Z těchto důvodů bych doporučil výměnu také této osvětlovací soustavy.



Obrázek 32.: Rozložení intenzity osvětlení ve 3D pohledu haly ZPO 1

## 5 Návrh osvětlení jeřábové dráhy inovovanými svítidly

### 5.1 Předprojektová příprava

Při návrhu osvětlovací soustavy v softwaru Relux Suite je výhodné si stanovit dílčí etapy, podle kterých budu v dalších krocích návrhu postupovat. První etapa se zabývá studií stavby, která je zaměřena na účel a provoz daného prostoru. Na tomto základě jsem stanovil světelně technické požadavky podle zrakových činností a podle příslušných norem a předpisů. Důležité je také zvážit veškeré požadavky uživatele a informace poskytnuté provozovatelem. Dále přihlídnout na stávající stav zařízení dle dostupné technické dokumentace a technické možnosti skutečné realizace.

Druhá etapa se zabývá projektovou přípravou, která řeší osvětlovací soustavu denního a umělého osvětlení, její světelné zdroje a svítidla. Řešení osvětlovací soustavy je navrženo dle stanovených kritérií pro daný prostor, za předpokladu dodržení ČSN. Tato kritéria vymezují typ světelného zdroje, svítidla a požadavky na mechanické a konstrukční vlastnosti pro danou situaci.

V další etapě se navrhuje rozmístění a počty svítidel na základě všech kontrolních výpočtů a světelně technických parametrů, jako je osvětlenost na všech pracovních rovinách, rovnoměrnost osvětlení, hodnoty činitele oslnění apod. Při tomto postupu se ověřuje a vyhodnocuje zpracovaná koncepce řešení dle dostupných norem ČSN. Pokud se nepodaří požadované parametry v určitých tolerancích splnit různými úpravami, je nutné přepracovat druhou etapu postupu a znovu ověřit výsledky. V některých případech je nutné znovu ověřit vstupní požadavky a podmínky, popřípadě je upravit.

Do poslední čtvrté etapy patří konečná volba řešení a výpočet technicko-ekonomických ukazatelů. Rozsah a přesnost zpracování jednotlivých etap návrhu, závisí na stupni projektové přípravy a na významu a důležitosti osvětlovaného prostoru.

#### 5.1.1 Studie stavby

V objektu haly ZPO1 je uvažována nová osvětlovací soustava na MKJ, která musí zabezpečit požadovanou osvětlenost pracoviště dle normy ČSN. Z důvodů nevyhovujícího stavu celkového osvětlení haly bude proveden také návrh nového celkového osvětlení haly.

#### Rozměrové údaje

Lokální osvětlení pracoviště bude realizováno svítidly umístěnými na podvozku jeřábu. Jeho rozměry činí ( $d \times š$ )  $6,6 \times 23,7$  m, svítidla budou umístěna ve výšce 11,5 m. Tato svítidla musí dostatečně osvětlit pracovní rovinu pod jeřábovou dráhou. Důležité je si uvědomit vizuální činnost a využití prostoru, z těchto poznatků poté zvolit výšku a rozměry měřicí plochy. Jeřáb se při své činnosti pohybuje v příčném i podélném směru haly. Jeřábník musí dostatečně vidět jednak pod jeřáb a také do bezprostředního okolí jeřábu. Měřicí rovinu jsem z těchto důvodů zvolil přímo na zemi a její rozměry jsou ( $d \times š$ )  $20 \times 14$ .

Osvětlovací soustava haly ZPO1 bude realizována svítidly umístěnými na kabelových lávkách ve výšce 18 m. Osvětlovací soustava musí zabezpečit požadovanou osvětlenost a rovnoměrnost osvětlení celé haly. Měřicí rovina na této ploše byla zvolena o rozměrech ( $d \times š$ )  $90 \times 20$  m. Tyto základní rozměry jsou prvotním údajem pro výpočet osvětlovací soustavy v software Relux Suite.



## Popis hlavních povrchů

Při práci v software Relux Suite je důležité provést správný výběr povrchů haly ZPO1, tímto můžeme velice ovlivnit konečný výsledek udržované osvětlenosti. Pro reálný model je důležité co nejvíce přiblížit struktury povrchů a jejich činitele odrazu k těm reálným, nacházejícím se v hale ZPO1.

Veškeré vnitřní plochy haly, jako strop, obvodové stěny tak podlaha, jsou silně zaneseny vrstvou prachu. Podlaha je tvořena betonovým základem. Obvodové zdi jsou zčásti plechové a z části tvořeny betonovými pilíři. Strop je tvořen z plechů a ocelových konstrukcí. Hodnoty činitele odrazu  $\rho$  (%) jsem zvolil pro strop, stěny, podlahu (10%, 20%, 20%). Tyto hodnoty činitelů odrazu vychází z materiálů, které jsem v software vybíral, podle skutečného stavu vnitřních prostor. Ukázka vnitřního prostoru je na níže uvedeném obrázku.

Prostor haly je již po letech využívání značně znečištěn a míra již zmíněné odrazivosti těchto vnitřních ploch z toho vyplývá. Struktura hlavních povrchů bude tedy vybírána podle skutečných materiálů, jaké software Relux Suite nabízí.



Obrázek 33.: Ukázka vnitřního prostoru haly

## Charakteristika vizuální činnosti a využití prostoru

Prostor haly využívá hlavně jeřábík, který pomocí MKJ přenáší ocelové odlitky na železniční vagóny. Celá hala dle normy ČSN spadá do prostoru výrobního zařízení s občasným ručním ovládáním a musí vyhovovat požadovaným hodnotám v tabulce 12. Místo pracovního úkolu jeřábíka musí splňovat dle této normy požadavek na trvalý pobyt osob. Pracovní prostor spadá do skupiny výrobního zařízení s trvalým ručním ovládáním a musí vyhovovat požadovaným hodnotám uvedeným v tabulce 16.

Prostor haly ZPO1 je využíván ranní, odpolední a noční pracovní dobou. Mimo odstávek při opravách na elektrickém či strojním zařízení je v hale ZPO1 nepřetržitý provoz. Proto je zapotřebí navrhnout osvětlovací soustavu, která bude schopna provozu asi 8000 hodin za rok.

## Charakteristika prostředí - udržovací činitel

Údržba veškerých osvětlovacích soustav je velice důležitá, protože zachovává výkonnost soustavy v navrhovaných mezích, podporuje bezpečnost a hospodárné využití elektrické energie. Projekt osvětlovací soustavy musí být navržen s uvažováním celkového udržovacího činitele vypočteného pro zvolené osvětlovací zařízení, prostředí a plán údržby. Doporučená osvětlenost pro jednotlivý zrakový úkol se uvádí jako udržovaná osvětlenost. Udržovací činitel závisí na provozních charakteristikách světelných zdrojů a předřadníků, svítidel, prostředí a na plánu údržby.

Aby již při návrhu osvětlení bylo vzato znehodnocení soustavy, je nutno patřičný udržovací činitel zahrnut do všech výpočtů.

Mým úkolem při návrhu osvětlovací soustavy bude:

- Uvést udržovací činitel a přehled předpokladů přijatých při odvození jeho hodnoty
- Specifikovat osvětlovací zařízení vhodné pro užití v daném prostředí
- Připravit kompletní plán údržby, včetně intervalů výměny světelných zdrojů, čištění svítidel a místností a způsobů jeho provádění

Přehled předpokladů přijatých při odvození hodnoty udržovacího činitele, specifikace osvětlovacích zařízení a kompletní plán údržby, včetně intervalů výměny světelných zdrojů, čištění svítidel a místností bude uveden v následujících odstavcích.

## 5.2 Projektová příprava

### 5.2.1 Popis stavby z hlediska denního osvětlení

Objekt ZPO1 se nachází v souřadnicích 49°47'92'' N severní šířky a 18°18'85'' E východní délky. Objekt je situován ve směru SV 5°. Denní osvětlení vnitřního prostoru je přivedeno okny a světlíky. Okna jsou umístěna pouze na západní straně budovy. Rozměr jednoho okna je asi 5 × 4 m. Světlíky se nachází na střešní části haly, rozměr jednoho z nich činí asi 3 × 2 m.



Obrázek 34.: Letecký pohled a ukázka stávajícího stavu oken haly ZPO1, [O20]

Současný stav oken a světlíků je ve velice špatném stavu způsobeném velkou prašností, která se v prostoru haly nachází. Údržba oken a světlíků není v podstatě žádná. Vyhodnocení denního osvětlení neproběhlo měřením, ale vyhodnocením v software Relux Suite. Měření denního osvětlení nebylo možno uskutečnit z důvodů stálé výroby a nutnosti provozu umělého osvětlení.

### 5.2.2 Požadavky pro výpočet denního osvětlení

#### Denní osvětlení

Denní světlo vzniká jako viditelná část spektra denního záření a je dáno přenosem slunečního elektromagnetického záření. Denní světlo není jen vhodným energetickým zdrojem pro osvětlování prostorů, ale také zásadním předpokladem k vytvoření zdravého prostředí pro život v interiérech.

Denní světlo je velmi proměnlivé nejen co do množství, ale i svými kvalitativními parametry, zejména spektrálním složením barev a směrovostí. Z hlediska vlastností lze denní světlo rozdělit na sluneční a oblohové.

#### Denní osvětlenost, je možno vyjádřit vztahem:

$$E_g = E_s + E_{ob} \quad (lx; lx, lx) \quad (21)$$

#### Činitel denní osvětlenosti

Podle normy ČSN EN 73 0580-1 je hodnota činitele denní osvětlenosti D (%) daná podílem osvětlenosti srovnávací roviny v kontrolním místě místnosti a srovnávací osvětlenosti  $E_h$  na ničem necloněné venkovní horizontální rovině podle vztahu: [16]

$$D = \left( \frac{E}{E_h} \right) \cdot 100 \quad (\%) \quad (22)$$

## Rovnoměrně zatažená obloha při tmavém terénu

Rovnoměrně zatažená obloha při tmavém terénu neboli obloha s gradací 1:3 je charakterizována tím, že jas v zenitu je třikrát vyšší než jas při horizontu. Jas libovolného bodu oblohy je dán vztahem: [16]

$$L_{\gamma} = \frac{1}{3} \cdot L_z \cdot (1 + 2 \cdot \sin \gamma) \text{ (cd} \cdot \text{m}^{-2}) \quad (23)$$

## Požadavky na úroveň denní osvětlenosti v hale ZPO 1

Požadavky na úroveň denního osvětlení jsou uváděny činitelem denního osvětlení D (%) a řadí se pro různé typy zrakových činností členěné podle obtížnosti do sedmi tříd. Halu ZPO1 jsem dle normy ČSN zařadil do skupiny 5: hrubší práce, manipulace s předměty. Hodnota činitele denní osvětlenosti pro tento prostor musí dle normy ČSN být v mezích dle níže uvedené tabulky. [16]

Tabulka 17.: Třídění zrakových činností a hodnoty činitele denní osvětlenosti [16]

Druh vnitřního prostoru	Třída zrakové činnosti	Poměrná pozorovací vzdálenost	Hodnota činitele denní osvětlenosti (%)	
			Minimální $D_{\min}$	Střední $D_{\text{med}}$
Manipulace s předměty	5	100 ÷ 500	1	3

Minimální hodnota  $D_{\min}$  je požadována ve všech výpočetních bodech místnosti nebo v její funkčně vymezené části. Střední hodnota  $D_{\text{med}}$  je požadována jen v prostorech s horním osvětlením nebo v prostorech, kde horní osvětlení převažuje.

Jde li o trvalý pobyt lidí ve vnitřním prostoru, nebo v jeho funkčně vymezené části, je potřeba dodržet hygienické minimum. Pro minimální hodnotu činitele denní osvětlenosti platí  $D_{\min} \geq 1,5 \%$ , pro střední hodnotu a prostory s převážně, nebo pouze horním osvětlením platí  $D_{\text{med}} \geq 3,0 \%$ . Tyto hodnoty je nutno dodržet i v případech, ve kterých by pro vykonávané zrakové činnosti stačily hodnoty nižší. [16]

### 5.2.3 Výpočet denní osvětlenosti

Výpočet byl proveden v softwaru Relux Suite, kde základní nastavení výpočtu spočívá v rovnoměrně zatažené obloze. Standardně se používá obloha s gradací jasu 1:3. Takovéto nastavení se vyznačuje tím, že nerozlišuje polohu slunce na obloze a předpokládá jas oblohy nezávislý na světových stranách. Jas oblohy je však závislý na výšce pozorovaného místa nad horizontem.

### Postup výpočtu

Činitel denní osvětlenosti byl počítán pro body rovnoměrně rozmístěné v půdoryse na vodorovné srovnávací rovině na podlaze. Výpočtové body byly voleny 1 m od zdí v pravidelné síti.

Tabulka 18.: Popis základních podmínek výpočtu

Základní podmínky výpočtu	
Obecně	
Použitý algoritmus výpočtů	nízký podíl nepřímé složky
Výška hodnotící roviny	0 m
Použitý režim výpočtů	rovnoměrně zatažená obloha

Tabulka 19.: Popis prostoru

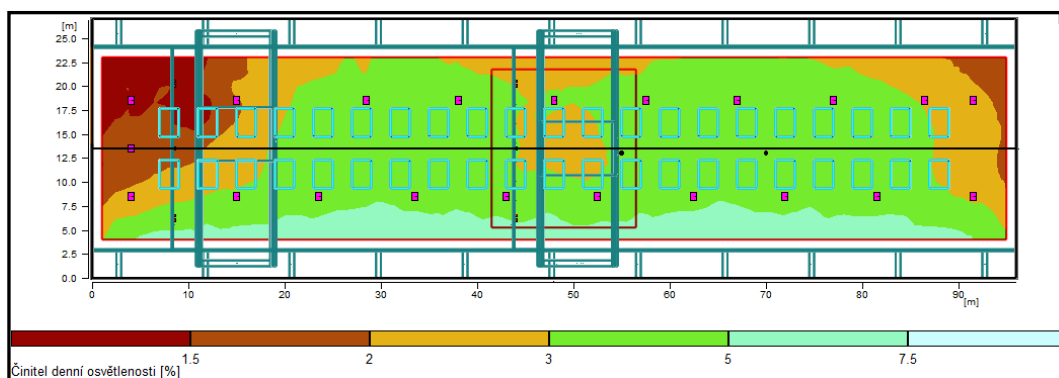
Prostor		
Druh prostředí	špinavé	
Interval údržby	ročně	
Prostup světla zasklením světlovou (%)	81% (dvojité sklo)	
Činitel ztrát světla stíněním okolních ploch	světlíky	0,6
Činitel ztrát světla stíněním okolních ploch	okna	0,8
Činitel ztrát světla znečištěním otvoru	světlíky	0,85
Činitel ztrát světla znečištěním otvoru	okna	0,85
Odrazivost stropů, stěn, podlahy	10 %, 20 %, 20 %	

### 5.3 Výsledky výpočtu činitele denního osvětlení

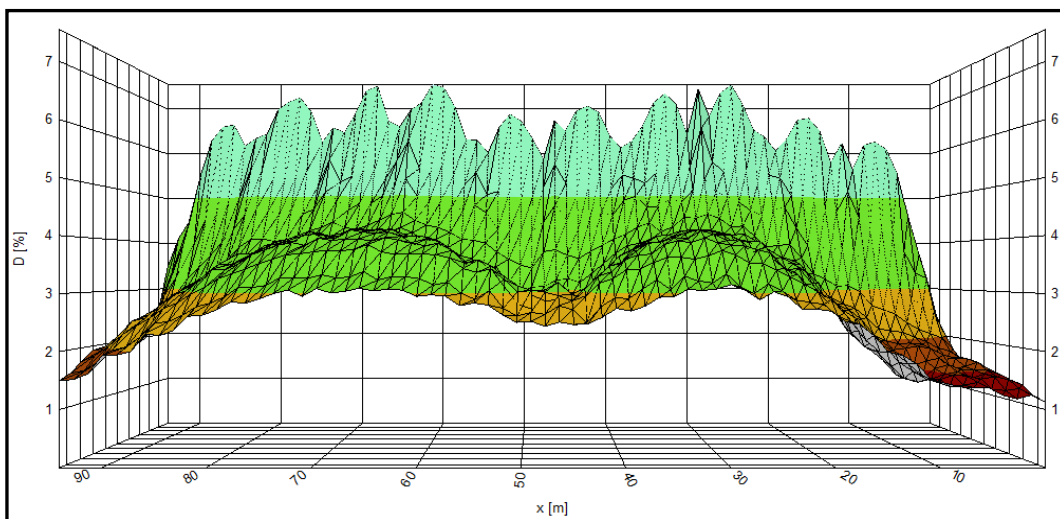
Tabulka 20.: Výsledky výpočtu činitele denní osvětlenosti

Výsledky výpočtu činitele denní osvětlenosti	
Činitel denní osvětlenosti	D(%)
Průměrný činitel denní osvětlenosti $D_m$ (%)	3,6 %
Minimální činitel denní osvětlenosti $D_{min}$ (%)	1,12 %
Maximální činitel denní osvětlenosti $D_{max}$ (%)	7,49 %

Z vypočtených a grafických hodnot činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) mohu usoudit, že průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{med}$  splňuje kritérium hygienického minima. Minimální hodnota  $D_{min}$  však nesplňuje požadavek hygienického minima. Z obrázku 35. mohu konstatovat skutečnost, že nedodržení minimální denní osvětlenosti je pouze severním rohu haly na straně protější k oknům. V této části haly ZPO1 se nachází náhradní jeřáb. V tomto prostoru haly se neočekává trvalý pobyt osob, z toho důvodu bych minimální hodnotu činitele denní osvětlenosti považoval za postačující.

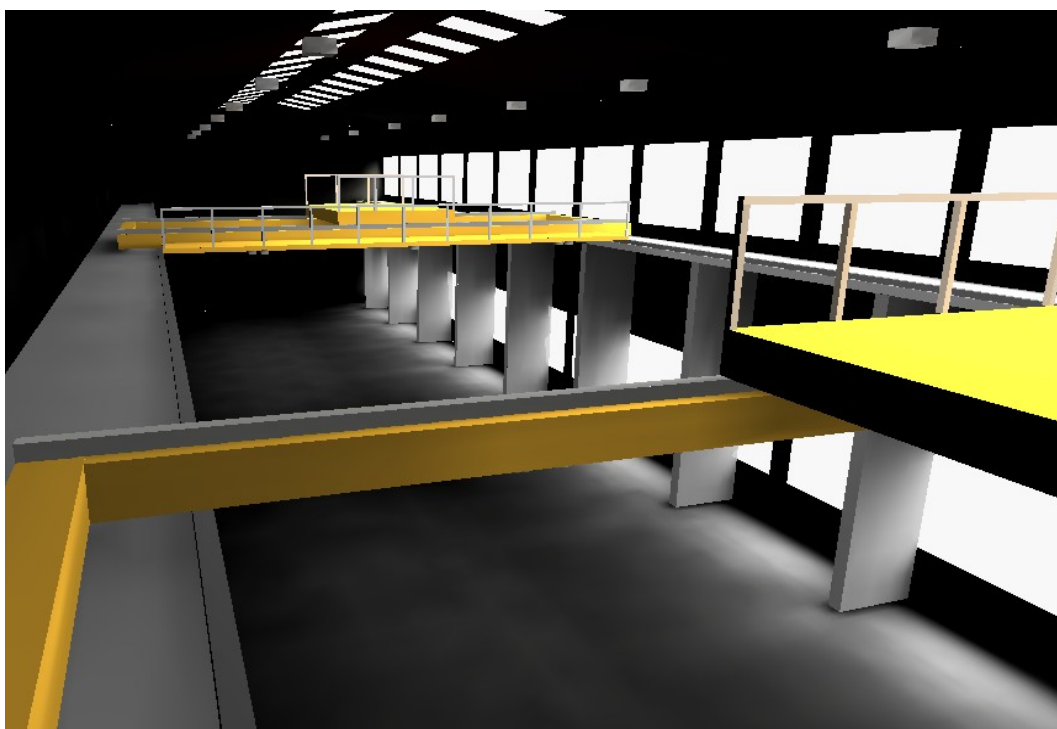


Obrázek 35.: Rozložení činitele denní osvětlenosti v prostoru haly



Obrázek 36.: 3D prostorový diagram činitele denní osvětlenosti

Z výsledků výpočtů vyplývá skutečnost, že při zvýšené údržbě popřípadě renovaci oken a světlíků lze dosáhnout vyhovujících hodnot činitele denní osvětlenosti, jak v celém prostoru haly, tak ve vymezeném pracovním prostoru MKJ.



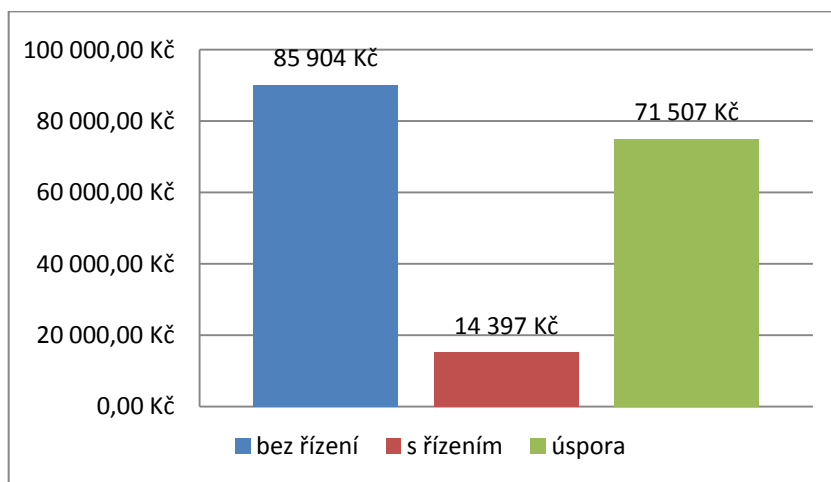
Obrázek 37.: Rozložení jasu v hale ZPO1



### 5.3.1 Úspora elektrické energie při využití denního světla

Jedna z variant úspory elektrické energie pro osvětlení této průmyslové haly je možnost využití denního osvětlení a tím snížit požadavky na dobu provozu soustavy umělého osvětlení. Dostatečné denní osvětlení v řešeném prostoru napomáhá k dosažení významných úspor kontrolou úrovně denního osvětlení prostřednictvím řídicích systémů. Informace poskytnuté těmito čidly umožňují omezit dobu provozu osvětlovací soustavy, popřípadě snížit její příkon. Soustava může být ovládaná buď skokově pomocí vypínání jednotlivých sekcí, nebo plynulým řízením výstupního světelného toku. Volba regulace souvisí s použitými světelnými zdroji. Z tohoto důvodu je možno osvětlovací soustavu haly ZPO 1 řídit skokově, tudíž vypínáním určitých sekcí.

Energetické úspory, které vzniknou při vypínání určitých sekcí celkového osvětlení a při následném využívání denního světla, jsou znázorněny v grafu. Výpočet byl stanoven pro denní pracovní dobu v rozmezí 6:00 ÷ 14:30, s přestávkou 9:30 ÷ 10:00. Celý výpočet obsahuje příloha IV.



Obrázek 38.: Rentabilita provozu osvětlovací soustavy

### 5.4 Výběr světelného zdroje a svítidla pro místní osvětlení jeřábové dráhy

Různorodost vnitřních prostorů z hlediska účelu, rozměrů, vybavení a požadavků na osvětlení je tak velká, že nelze vytvořit jednoduchá pravidla pro použití jednotlivých typů a provedení světelných zdrojů a svítidel. Potřeba zvyšování jakosti osvětlení při optimálním využití elektrické energie a vynaložených investicích vede k maximálnímu nasazení světelných zdrojů s velkým měrným výkonem, dlouhým životem, a velkou spolehlivostí. Prosazování tohoto trendu znamená vyšší investice, které lze uhradit zejména levnějším provozem a úsporami elektrické energie. Z praxe vyplývá, že nejefektivnější je náhrada zdrojů s velkými příkony a malými měrnými výkony jako jsou žárovky s jinými zdroji, především výbojovými či LED, za předpokladu splnění požadavků na osvětlení a dalších technických požadavků.

Volba svítidla velice souvisí s výběrem světelného zdroje. Jejich parametry a vlastnosti jsou důležité při návrhu osvětlovací soustavy s ohledem na účel, charakteristiku prostoru a požadavky na osvětlení. U návrhu svítidla posuzují zejména tyto vlastnosti:

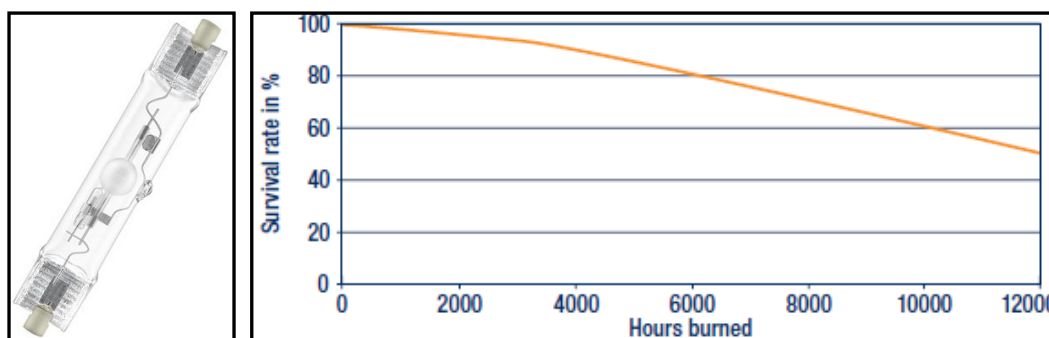
- Světelně technické parametry svítidel
- Elektrotechnické vlastnosti svítidel
- Geometrické parametry a konstrukční prvky svítidel

Výběr svítidla a světelného zdroje byl proveden za předpokladu posouzení výše uvedených základních parametrů a vlastností svítidel a světelných zdrojů. Tyto stěžejní světelnotechnické, elektrotechnické a konstrukční požadavky byly dále rozvedeny pro konkrétní situaci.

#### 5.4.1 Požadavky na světelný zdroj

- Dvou stiskové uložení světelného zdroje s paticí Rx7s, Fc2
- Malá výška světelného středu a malou hmotností světelného zdroje
- Index podání barev  $\geq 80$
- Malé rozměry

Po předběžném výpočtu osvětlovací soustavy v software Relux Suite bylo zjištěno, že nejvýhodnější světelný zdroj pro osvětlení pracovního prostoru jeřábu je halogenidová výbojka. Tento světelný zdroj musí splňovat výše uvedené požadavky. Pro dodržení osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení byl vybrán světelný zdroj OSRAM, HCI-TS 150/830WDL s výkonem 150 W.



Obrázek 39.: světelný zdroj Osram HCI-TS 150/830WDL a závislost počtu funkčních halogenidových výbojek HCI-TS na počtu odsvícených hodin [O21]

Tabulka 21.: Technické údaje světelného zdroje OSRAM HCI-TS [15]

Technické údaje světelného zdroje OSRAM HCI-TS 150/830WDL							
Proud výbojky	Výkon výbojky	Světelný tok	Měrný výkon	Teplota chromatičnosti	Doba života	Index podání barev	Patice
$I$ (A)	$P_n$ (W)	$\Phi$ (lm)	$(\text{lm} \cdot \text{W}^{-1})$	$T_c$ (K)	$t$ (h)	$R_a$ (-)	
1,8	140	14 500	104	3000	12 000	90	Rx7s

#### Halogenidová výbojka OSRAM HCI-TS 150 W

Metal halogenidová výbojka OSRAM Powerball s technologií HCI je tvořena keramickým kulatým hořákem. Technologie HCI dosahuje oproti technologii HQI, která je tvořena křemenným hořákem, lepších světelně technických a elektrických parametrů.

Hořák s technologií HCI je považován za druhou generaci díky jeho nově konstrukčně řešenému kulatému tvaru. **Hořák je možno vyrobit s menšími rozměry**, je odolný proti vyšším teplotám, dosahuje delší životnosti. Výbojky s keramickými hořáky dosahují díky možnosti provozu při vyšších teplotách lepší svítivosti a účinnosti, výsledkem je lepší index podání barev. [15]



## HCI - (Hydrargyrum - rtuť, Ceramic - keramika, Iodide - jód )

- Velmi dobrý světelný tok po celou dobu životnosti lampy cca 12 000 hodin
- Malá závislost na provozní poloze, index podání barev  $R_a \geq 80$
- Výbojky (70 W, 150 W) jsou vhodné pro horký znovuzápal
- WDL... Warm White delux,  $T_n = 3000$  K

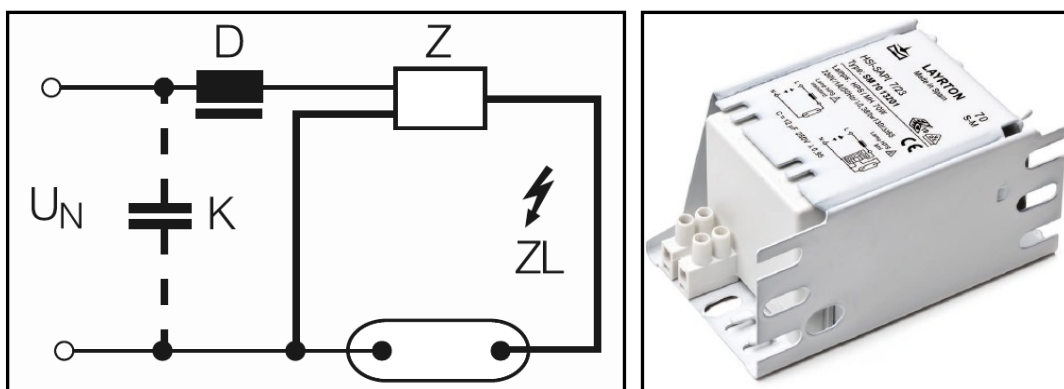
Halogenidovou výbojku HCI-TS 150/830WDL je nutno provozovat s elektronickými nebo konvekčními předřadníky. Napájecí napětí výbojky je 230 V. Účinník  $\cos \varphi$  se u výbojky HCI pohybuje v rozmezí  $0,5 \div 0,8$ . Přípustné kolísání napětí sítě pro výbojku HCI je  $\pm 3 \%$ .

Při trvalé odchylce jmenovitého napájecího napětí může dojít k změně spektrálního složení vyzařovaného světelného toku a tím k poklesu životnosti výbojky. Obrázek 39. znázorňuje závislost mezi množstvím světelných zdrojů ve skupině zdrojů, které budou ještě v provozu po uplynutí definované doby života. Výrobce tímto garantuje průměrnou dobu života výbojky, která činí 12 000 hodin. Četné zapínání a vypínání výbojky také zkracuje její životnost.

V závislosti na předřadníku může být rozběhový proud až dvakrát vyšší než provozní proud. Z toho důvodu se pro ochranu obvodu využívají pojistky s charakteristikou typu C, dimenzovány na dvojnásobek jmenovitého proudu. Celá technická specifikace světelného zdroje je obsažena v příloze V. [15]

### Induktivní předřadníky pro výbojky

Nezbytným příslušenstvím výbojových světelných zdrojů jsou předřadníky, které omezují pracovní proud výbojového zdroje na požadovanou hodnotu. Vedle stabilizace proudu musí zajistit další funkce jako nažhavení elektrod, vytvoření potřebného zápalného napětí, omezení funkce napájecího zdroje při poruše atd. Při provozu výbojových zdrojů na síťové napětí se v dnešní době používají induktivní předřadníky se zapalovači či startéry. Tyto předřadníky vesměs nesplňují požadavky na hospodárny provoz ani komfort. Vyskytují se hlavně ve starších či levnějších svítidlech.



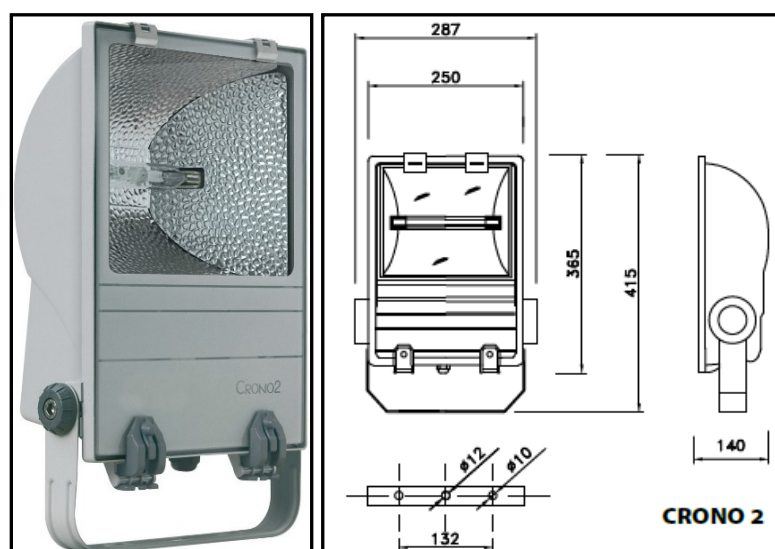
Obrázek 40.: Schéma zapojení halogenidové výbojky HCI-TS a induktivního předřadníku LARYTON;  
 $U_N$  - napájecí napětí, K - kompenzační kondenzátor, D - tlumivka, Z - zapalovač, [O22]

### 5.4.2 Požadavky kladené na svítidlo

- Nejmenší akceptovatelné krytí svítidla pro osvětlované prostory v těžkém průmyslu je IP 54
- Svítidlo musí obsahovat ochranu proti mechanickým nárazům IK08
- Objímka svítidla Rx7s
- Možnost instalovat svítidlo s příslušenstvím jako je silentblok, či vibrační podložka

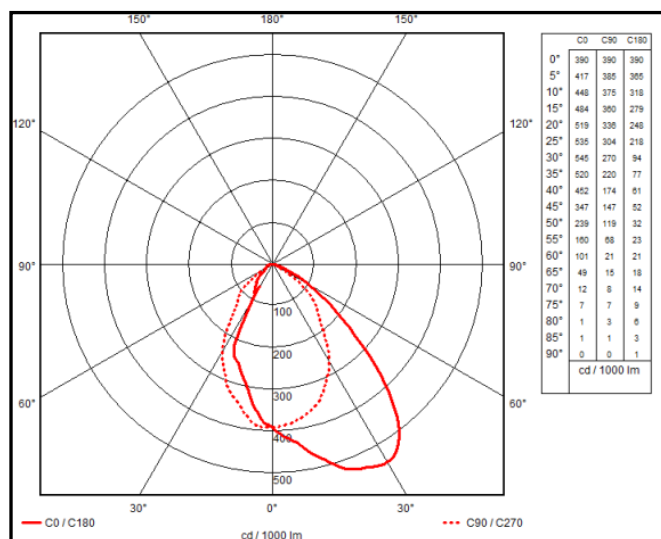
#### Svítidlo MODUS – CRONO 2:

Reflektorové svítidlo CRONO 2 od výrobce MODUS je určeno pro náročné aplikace, k osvětlování průmyslových hal, venkovních prostorů, skladů apod. Protože svítidlo bude použito v těžkém průmyslu, musí být jeho nejmenší akceptovatelný stupeň ochrany proti vniknutí pevných cizích těles a vody ve stupni krytí nejméně IP 54. Jeho hodnota stupně krytí je IP66. Svítidlo bylo podstoupeno zkoušce pro ověření ochrany proti mechanickým nárazům. Stupeň ochrany poskytovaný krytem proti škodlivým mechanickým nárazům je IK08.



Obrázek 41.: Svítidlo MODUS CRONO 2, 150 W, [O23]

Tělo svítidla se skládá z lakovaného hliníkového odlitku, bezpečnostního krycího skla, které je uchyceno ke svítidlu pomocí nerezových spon. Svítidlo je opatřeno objímkami Rx7s, halogenidovým výbojovým světelným zdrojem, taktéž s patricemi Rx7s. Příkon svítidla činí 150 W. Celá technická specifikace svítidla je obsažena v příloze V.

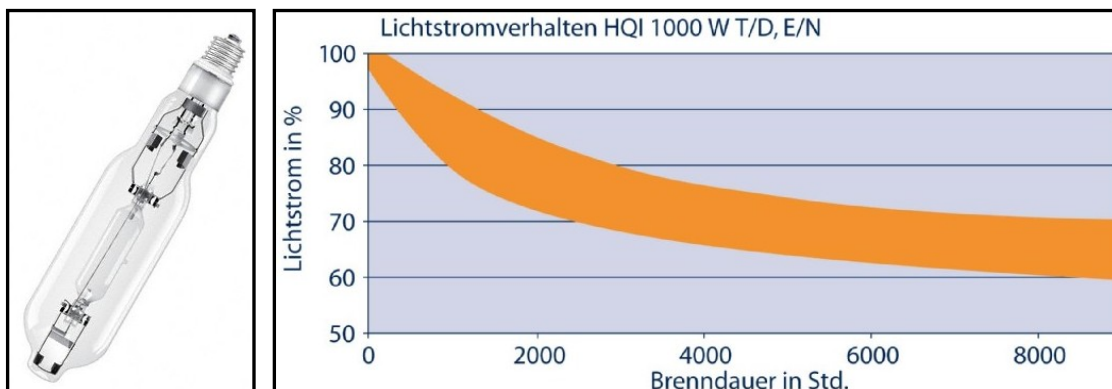


Obrázek 42.: Křivka svítivosti v polárních souřadnicích asymetrického svítidla MODUS – CRONO 2

Optický systém svítidla je tvořen vysoce leštěným embosovaným symetrickým hliníkovým reflektorem, jak můžeme vidět na obrázku 41. Pro návrh osvětlovací soustavy na MKJ, bude počítáno s asymetrickým reflektorem.

## 5.5 Výběr světelného zdroje a svítidla pro celkové osvětlení haly

K výpočtu celkového osvětlení haly byly použity parametry svítidla Metasport a. s. DSS 1000 W , osazeného halogenidovým výbojovým světelným zdrojem HQI-T 1000W/D.



Obrázek 43.: Světelný zdroj OSRAM, HQI-T 1000W/D a závislost velikosti světelného toku na počtu odsvícených hodin, [O24]

### Halogenidová výbojka HQI-T 1000 W-D:

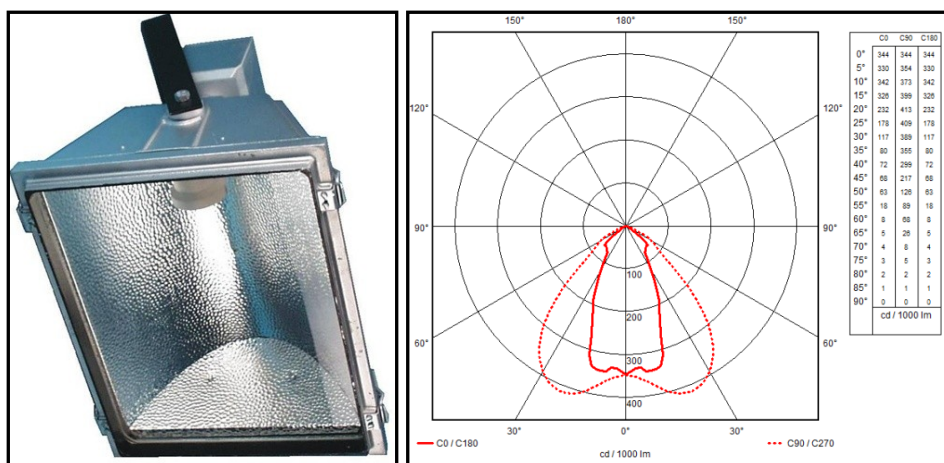
Světelný zdroj OSRAM HQI-T 1000 W-D je určen pro jmenovité napájecí napětí 400 V/50 Hz. Trvalá odchylka jmenovitého napájecího napětí  $\pm 10 \%$  může způsobit změnu spektrálního vyzařování, změnu světelného toku a tím klesá životnost výbojky. K zapálení výboje slouží předřadník provozovaný s tepelnou ochranou, který se skládá z tlumivky, zapalovače a kompenzačního kondenzátoru. Plného světelného toku dosáhne výbojka několik minut po zapnutí, doba znovuzápalu trvá asi  $2 \div 15$  min, výbojka musí vychladnout. Časté zapínání a vypínání zkracuje její životnost. Objímky se nejčastěji používají typu E 40. [15]

Tabulka 22.: Technické údaje světelného zdroje OSRAM HQI-T

Technické údaje světelného zdroje OSRAM OSRAM HQI-T 1000D						
Proud výbojky	Výkon výbojky	Světelný tok	Měrný výkon	Teplota chroma- tičnosti	Doba života	Index podání barev
$I$ (A)	$P_n$ (W)	$\Phi$ (lm)	$\eta_p$ (lm·W <sup>-1</sup> )	$T_c$ (K)	$t$ (h)	$R_a$ (-)
8,9	1050	90 000	81	7250	12 000	90

### Svítilno DSS 1000 W:

Parabolicky tvarované svítidlo je vyrobeno z Al plechu, reflektor z vysoce leštěného Al plechu s čistotou 99,85 %. Reflektor je opatřen tvrzeným sklem, Objímka světelného zdroje E40, krytí svítidla IP44. Hmotnost svítidla činí 34 kg. Součástí elektrické výzbroje předradníku je tlumivka, kompenzační kondenzátor, keramická pojistka. Kompletní popis svítidla, montáž a zapojení obsahuje příloha V.



Obrázek 44.: Svítidlo DSS 1000 W a jeho křivka svítivosti, [O25]

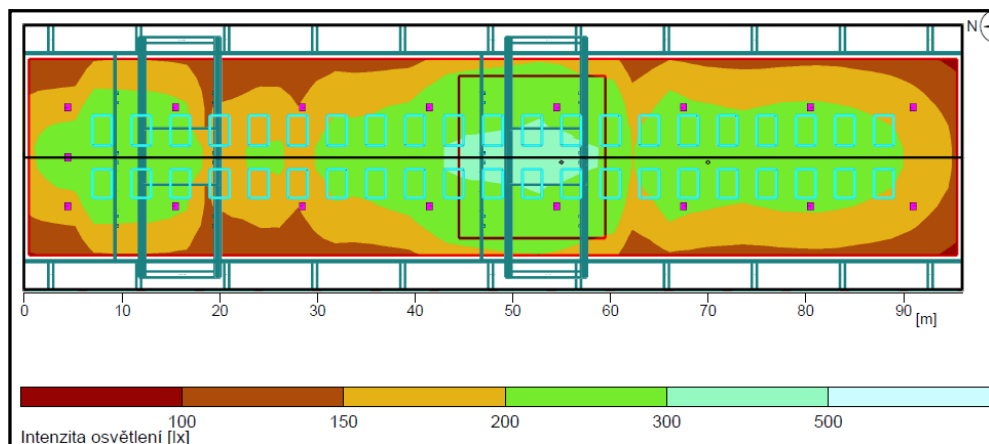
## 5.6 Návrh a výpočet umělého osvětlení

Navrhování a projektování umělého osvětlení vnitřních prostor je spojeno se světelně technickými výpočty. Jejich cílem je jednak stanovit počet a typ světelných zdrojů a svítidel, tedy celkový instalovaný příkon osvětlovací soustavy. V nově navržené osvětlovací soustavě je důležité také ověřit dodržení ukazatelů jakosti osvětlení. [4]

Na základě všech podkladů nabytých jak samotnou předprojektovou přípravou, měřením a výpočtem denního osvětlení jsem provedl výpočet umělého osvětlení prostřednictvím softwaru Relux Suite. Primární návrh osvětlovací soustavy, by měl řešit zejména osvětlovací soustavu na jeřábu pro osvětlení pracoviště. Avšak díky nevyhovujícímu stavu celkového osvětlení byl proveden také návrh celkového osvětlení haly ZPO1. Stav celkového osvětlení haly ZPO1 je rozhodující pro hodnotu místního osvětlení pracoviště ve vymezeném úseku pod MKJ. Požadavky na osvětlení byly čerpány z normy ČSN EN 12464 - 1.

### 5.6.1 Výpočet umělého osvětlení celkového prostoru haly

Výpočet v softwaru Relux Suite bylo stanoveno rozmístění a směřování nových svítidel s ohledem na dodržení předepsaných rovnoměrností. Primárním požadavkem však zůstávalo dodržení osvětlenosti srovnávací roviny 150 lx a rovnoměrnosti osvětlení 0,5.



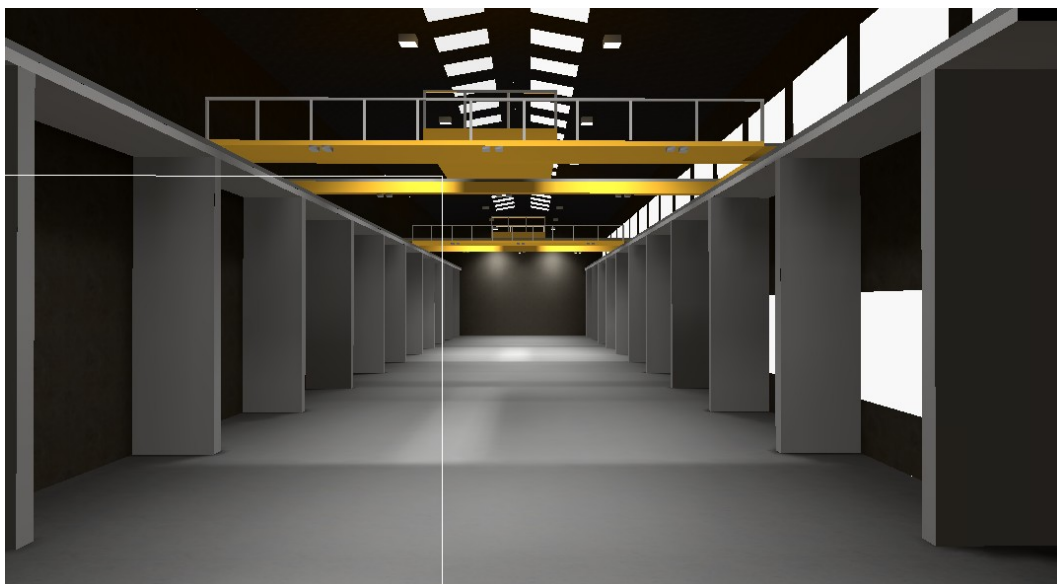
Obrázek 45.: Rozložení činitele denní osvětlenosti nově navržené osvětlovací soustavy

Celkové osvětlení bude realizováno rovnoměrně rozmístěnými svítidly po celém prostoru. Bylo navrženo celkem 17 svítidel DSS 1000 W centrálního osvětlení. Svítidla budou umístěna na kabelové lávce ve výšce 18 m nad zemí.

Osvětlenost byla počítána pro body rovnoměrně rozmístěné v půdoryse na vodorovné srovnávací rovině na podlaze. Výpočtové body byly voleny 1 m od zdí v pravidelné síti. Zvolená koncepce rozmístění svítidel, jak znázorňuje výše uvedený obrázek, byla provedena na základě výpočtu osvětlení s přihlédnutím na stále se měnící polohu jeřábu. V prostoru haly ZPO 1 je v činnosti pouze jeden jeřáb a to MKJ č. 7. Druhý jeřáb MKJ č. 6 je odstaven a používán jako záloha při poruše či renovaci MKJ č. 7. Celý výpočet obsahuje příloha V.

Tabulka 23.: Základní podmínky výpočtu umělého osvětlení prostoru haly

Základní podmínky výpočtu	
<b>Obecně</b>	
Použitý algoritmus výpočtů:	centrální podíl nepřímé složky
Výška hodnotící roviny:	0 m
Celkový světelný tok všech zdrojů:	1 619 klm
Celkový výkon:	18 800 W
<b>Intenzita osvětlení</b>	
Udržovaná osvětlenost:	<b>202 lx</b> (vyhovuje ČSN)
Minimální osvětlenost:	104 lx
Maximální osvětlenost:	355 lx
Rovnoměrnost osvětlení:	<b>0,51</b> (vyhovuje ČSN)



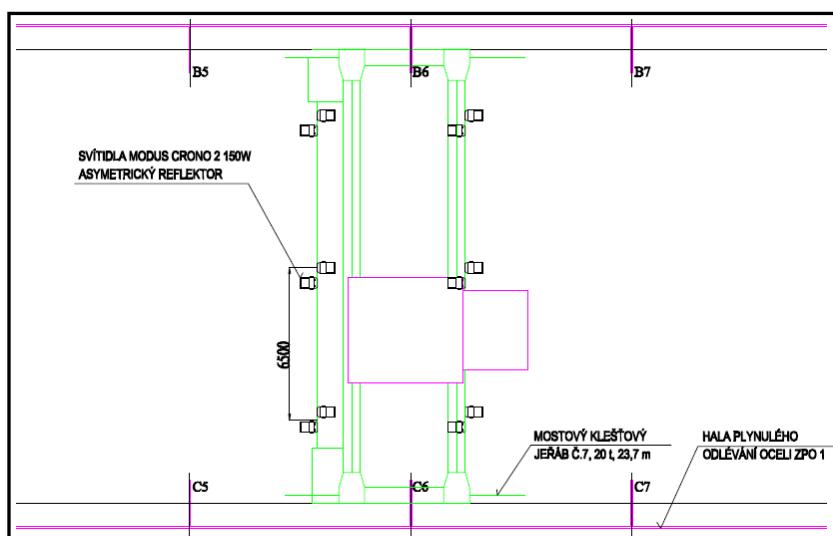
Obrázek 46.: Rozložení jasu v prostoru haly

Tabulka 24.: Poměrný elektrický příkon potřebný k dosažení osvětlenosti 100 lx

<b>NOVÁ OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVA (<math>z = 0,55</math>)</b>	
<b>Obecně</b>	
Příkon osvětlovací soustavy P (W)	18 800 W
Udržovaná osvětlenost $E_{m2}$ (lx)	202 lx
Plocha prostoru haly $A(m^2)$	2 592 $m^2$
Poměrný příkon $p$ ( $W \cdot m^{-2}$ )	7,25 $W/m^2$
Poměrný příkon k dosažení 100lx/ $m^2$	<u>3,5 <math>W/m^2/100lx</math></u>

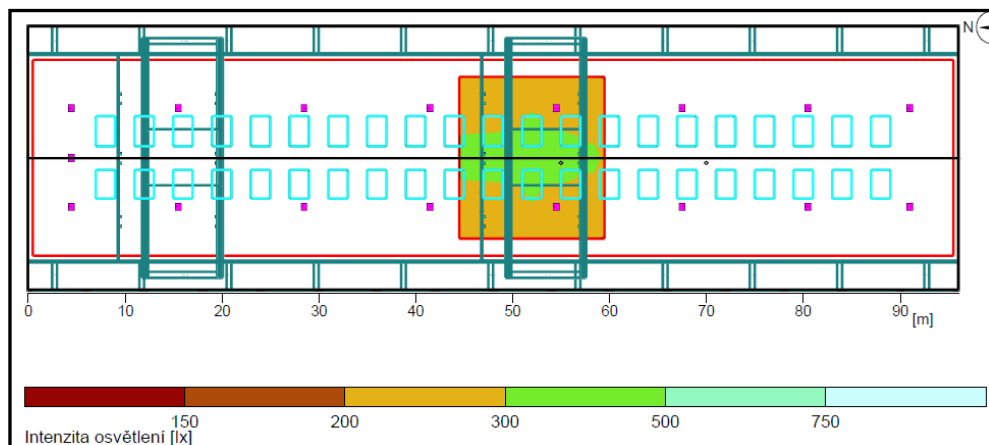
### 5.6.2 Výpočet umělého osvětlení jeřábové dráhy

Lokální osvětlení pracoviště bude realizováno asymetrickými svítidly Modus crono 2. Celkem 12 svítidel Modus Crono 2, 150 W, bude přispívat k osvětlení vodorovné srovnávací roviny na podlaze. Svítidla budou umístěna na konstrukci MKJ ve výšce 11,5 m, jak znázorňuje níže uvedený obrázek.

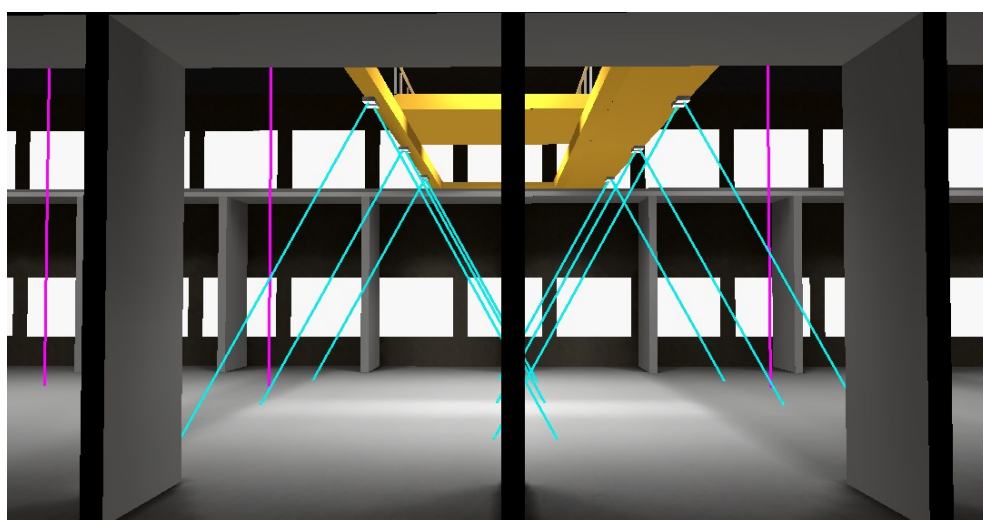


Obrázek 47.: Půdorys rozmístění nových svítidel na konstrukci jeřábu

Výpočet byl proveden softwarem ReluxSuite, kde základní nastavení tohoto programu spočívalo v centrálním podílu nepřímé složky. Bylo také stanoveno rozmístění nových svítidel na MKJ s ohledem na dodržení předepsané osvětlenosti a rovnoměrnosti. Základním požadavkem však zůstalo dodržení osvětlenosti srovnávací roviny na hodnotu 200 lx a rovnoměrnosti osvětlení 0,7. Celý výpočet obsahuje příloha V.



Obrázek 48.: Rozložení intenzity osvětlení nově místního osvětlení pracoviště



Obrázek 49.: Rozložení jasu na pracovišti jeřábu a ukázka zobrazení směřování světelného toku do prostoru asymetrickými svítidly

Tabulka 25.: Základní podmínky výpočtu osvětlení jeřábové dráhy

Základní podmínky výpočtu	
Použitý algoritmus výpočtů:	centrální podíl nepřímé složky
Výška hodnotící roviny:	0 m
Celkový světelný tok všech zdrojů:	1 619 klm
Celkový výkon:	18 800 W
<b>Intenzita osvětlení</b>	
Udržovaná osvětlenost:	<b>283 lx</b> (vyhovuje ČSN)
Minimální osvětlenost:	201 lx
Maximální osvětlenost:	361 lx
Rovnoměrnost osvětlení:	<b>0,71</b> (vyhovuje ČSN)



### 5.6.3 Plán údržby osvětlovacích soustav

Výpočet udržovacího činitele byl proveden softwarem Relux Suite pro svítidla Modus Crono 2 150W, DSS 1000 ST. V následujícím textu bych chtěl objasnit přehled předpokladů přijatých k odvození jeho hodnoty. Podstatná část zadaných hodnot či zvolených kategorií vychází z technických normalizačních informací TNI 36 0451.

Druh prostředí a interval údržby je dán pracovištěm, kde se zvolená osvětlovací soustava nachází. Nastavená hodnota pro druh svítidla IP5X

Tabulka 26.: Doporučený kontrolní interval osvětlovacích soustav [19]

Interval údržby	Druh prostředí	Pracoviště
1 rok	Špinavé (Š)	Ocelárny, chemické závody, slévárny

Svítidla jsou charakterizována jako přímá, to znamená, že 90 ÷ 100 % světelného toku je směřováno do dolního poloprostoru. Svítidlo Modus Crono je chráněno proti vniknutí pevných cizích těles a vody ve stupni krytí IP66, svítidlo DSS 1000 W je ve stupni krytí IP44 v programu lze nastavit hodnotu pro svítidlo chráněné proti prachu ve stupni krytí IP5X.

Tabulka 27.: Přibližný interval čištění svítidel v hale

Interval čištění	1 rok
Typ svítidla/prostředí	Špinavé
Chráněno proti prachu IP5X	ANO

Pro osvětlení pracoviště MKJ byl zvolen světelný zdroj OSRAM, HCI-TS 150/830WDL s elektromagnetickým předřadníkem HSI-SAPI 15/22/SR. Pro celkové osvětlení byl zvolen světelný zdroj Osram HQI-T 1000W/D. Tento interval údržby je stanoven za předpokladu, že nefunkční zdroje budou neprodleně vyměněny.

Tabulka 28.: Výpočet udržovacího činitele v programu Relux pomocí výše uvedených informací

Svítidlo Modus Crono 2, HCI – TS 150 W, DSS 1000 TS	
Vliv odrazů od ploch prostoru	Strop, stěny, podlaha (20,20,10 %)
Charakteristika svítidla	Přímé
Typ reflektoru	IP5X
Typ světelného zdroje	HCI-TS 150/830WDL, HQI-T 1000W/D
Předřadník	Klasický
Provozní hodiny za rok	8 000 h
Interval údržby svítidlo	1 rok
Interval údržby světelný zdroj	1 rok
Nefunkční zdroje - neprodlená vyměněna	ANO
Udržovací činitel	<b>0,55</b>



## 5.7 Hodnocení oslnění UGR

Ve výpočtech je také zohledněna problematika oslnění způsobeného přímo, nebo nepřímo zdroji světla. Ve vnitřních prostorách obecně vzniká relativní oslnění, které vzniká přímo zdroji světla, svítícími částmi svítidel nebo odrazy od lesklých povrchů.

Při návrhu osvětlení musíme omezit oslnění, které je schopno požadovanou úroveň zrakového výkonu a zrakové pohody zásadním způsobem ovlivnit. Příčinou oslnění je přílišný jas v porovnání s adaptačním jasnem, nebo nevhodné rozložení jasů v zorném poli. Činitel oslnění vyjadřuje stupeň oslnění pozorovatele uvažovanou osvětlovací soustavou za daných podmínek jako je místo pozorování, úhel pohledu a podobně.[18]

### 5.7.1 Výpočet oslnění UGR v pracovním prostoru

V softwaru Relux Suite byly vypočteny hodnoty činitele oslnění UGR. Základním požadavkem ve výpočtu bylo určit polohu pozorovatele. V prostoru haly se nachází dvě základní úrovně, ve kterých může být pozorovatel oslněn. První poloha pozorovatele (pozorovatel č. 1) v prostoru haly ZPO 1 je v kabině jeřábníka. Pozorovatel se nachází ve výšce 8 m nad místem pracovního úkolu. Výška svítidel nad osou vidění jeřábníka je asi 1,5 m.

Druhá poloha pozorovatele (pozorovatel č. 2) je v prostoru haly ve výšce očí asi 1,5 m. Výška svítidel centrálního osvětlení nad jeho osou vidění je cca. 16,5 m. U obou pozorovacích poloh byl činitel oslnění počítán výpočtovým programem ze směru sever (0°), jih (180°), východ (90°), západ (270°). Maximální hodnota činitele oslnění UGR je dána vzorcem:

$$UGR = 8 \cdot \log_{10} \left( \frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2}{p^2} \right) (\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}, \text{lx}, \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}, \text{sr})$$

Hodnoty činitele oslnění UGR pro prostor haly ZPO 1, která je dle normy ČSN definována jako výrobní zařízení s trvalým a občasným ručním ovládáním, je stanovena na hodnotu **28**.

### Výsledné hodnoty UGR

Tabulka 29.: Výsledné hodnoty UGR [18]

Pozorovatel č. 1:			Pozorovatel č. 2:		
Výška srovnávací roviny (m)	Směr (°)	UGR <sub>MAX</sub> (-)	Výška srovnávací roviny (m)	Směr (°)	UGR <sub>MAX</sub> (-)
8	Sever (0°)	35,7	1,5	Sever (0°)	27
8	Jih (180°)	35,5	1,5	Jih (180°)	26,9
8	Východ (90°)	33,9	1,5	Východ (90°)	29,9

Výsledky výpočtu zejména u pozorovatele č. 1 překračují přípustnou hodnotu  $UGR_{MAX}$ , kterou pro tyto prostory stanovuje norma ČSN. Výpočet je proveden za předpokladu, že směr pohledu obou pozorovatelů je vodorovný. V praxi je však pohled pozorovatele na MKJ směřován dolů na pracoviště.

Oslnění je tím menší, čím více je oslňující zdroj vychýlen z osy pohledu. Přitom záleží na velikosti úhlu vychýlení  $\varphi$ , ale také na tom, kterým směrem je oslňující zdroj vychýlen. Vliv polohy zdroje vyjadřuje činitel polohy  $K$ .

$$K = \frac{B_0}{B_\varphi} \quad (-; \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}, \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}) \quad (24)$$

Činitel oslnění klesne asi na polovinu, je-li svítidlo vychýleno o 30° směrem nahoru z osy pohledu. Při vychýlení o 60° svítidlo již prakticky neosvětluje. [18]

## 6 Posouzení doby života nově navrhovaných osvětlovacích soustav

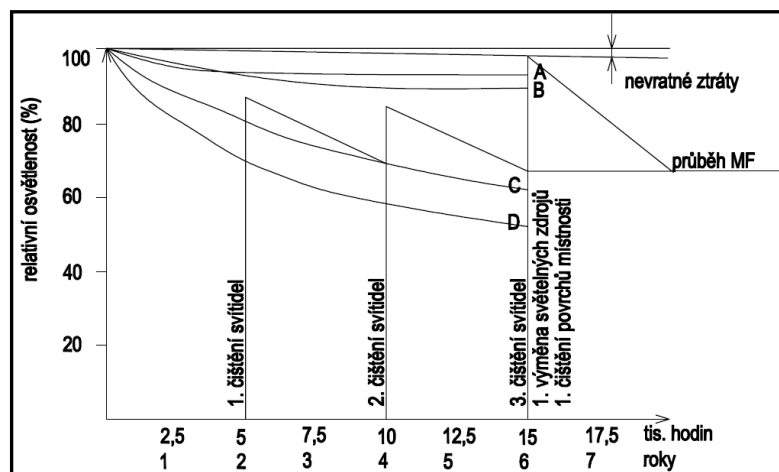
### 6.1 Analýza znehodnocení osvětlovací soustavy

V průběhu provozu osvětlovací soustavy dochází k postupnému snižování světelného toku. Ztráta světelného toku je ovlivněna několika faktory, přičemž jejich vliv a závažnost se mění podle místa provozu osvětlovací soustavy. Okolních vlivů působících v místě provozu na osvětlovací soustavu může být několik. Postupné snižování světelného toku vzniká znečištěním a typem polétavých nečistot v okolním prostředí, které se mění podle druhu prostředí, a stárnutím osvětlovací soustavy. Při vypracování světelně technického projektu je potřeba s těmito případy počítat zavedením udržovacího činitele a pomocí vhodného plánu údržby toto znehodnocení omezit.

#### 6.1.1 Údržba osvětlovacích soustav

V okamžiku uvedení do provozu těchto nově navržených osvětlovacích soustav bude s rostoucím časem nastávat postupné znehodnocení těchto soustav. Přitom vznikají energetické ztráty. Tyto ztráty jsou způsobeny nanášením nečistot a prachu na všech nechráněných površích svítidel, světelných zdrojů i na stěnách místností. Těmito nepříznivými vlivy se snižují činitele odrazu nebo prostupu, dále vzniká úbytek světelného toku světelných zdrojů, jejich vyhoření a stárnutí povrchů místnosti.

Pokud tento proces není eliminován, dochází ke snížení osvětlenosti na velmi nízké hodnoty. Soustava se stává energeticky nevykonnou, nevhlednou a nebezpečnou. Postupné snižování osvětlenosti může za určitý čas vyvolat zrakovou únavu, zvýšit možnost omylů a chyb při práci a s tím spjatou možnost výskytu úrazů. K charakterizování tohoto snížení se používá udržovací činitel MF. [19]



Obrázek 50.: Příklad změny osvětlenosti osvětlovací soustavy v závislosti na době provozu; A- Křivka stárnutí povrchů místnosti, B - Křivka stárnutí světelného zdroje, C - Křivka stárnutí svítidla, D - Neudržovaná soustava [O26]

Údržba provedená v pravidelných intervalech je pro nově navrženou efektivní osvětlovací soustavu nejdůležitější. Správně navržený plán údržby napomáhá udržet požadovanou osvětlenost na určité hodnotě dle normy ČSN, snížit pořizovací i provozní náklady a provozovat soustavu bezpečně. [19]

## **Nevratné činitele (NRF)**

Mezi nevratné činitele (no recoverable factors) patří stárnutí, tmavnutí materiálů, provozní teplota, napětí. Tyto faktory jsou vlastní osvětlovací soustavě a při pravidelné údržbě je nelze zlepšit. [19]

## **Vratné činitele (RF)**

Mezi vratné činitele (recoverable factors) patří stárnutí světelných zdrojů, jejich funkční spolehlivost stárnutí svítidel, stárnutí povrchů místností. Tyto faktory mohou být zlepšeny údržbou. Ta by měla být navržena údržbou a realizována výměnou světelných zdrojů, čištěním, náhradou vadných komponentů nebo obnovou povrchů pomocí nátěrů. [19]

### **6.1.2 Posouzení doby života svítidla**

#### **Udržovací činitel svítidla (LMF)**

Udržovací činitel svítidla charakterizuje snížení účinnosti svítidla vlivem usazených nečistot na světelných zdrojích či svítidlech nebo přímo ve svítidlech za určité období. Míra znečištění závisí na konstrukci svítidla, na jeho krytí, v průmyslu minimální hodnota IP54 a na koncentraci nečistot nacházejících se v okolním vzduchu. Černé nečistoty a prach způsobují největší ztrátu světelného toku.

U osvětlovacích soustav v průmyslových podnicích při dlouhých intervalech čištění mohou nastat i 50% ztráty způsobené znečištěním. U svítidla Modus Crono 2 byl odvozen udržovací činitel svítidla LMF na hodnotu 0,86. Tato hodnota je ve velké míře ovlivněna volbou krytí svítidla IP5X a prostředím ve kterém se nachází. Tato hodnota znamená, že počáteční účinnost nových svítidel či po pravidelné údržbě bude o 14 % vyšší než navrhovaná hodnota. [19]

#### **Udržovací činitel povrchů (RSMF)**

Je to podíl činitele odrazu povrchu místnosti v dané době a počátečního činitele odrazu. Tento činitel může být také definován jako podíl světelné účinnosti prostoru osvětlovací soustavy po určité době provozu ke světelné účinnosti stejné soustavy, která by byla považována za novou či po posledním čištění. Závisí na rozměrech místnosti, činiteli odrazu vnitřních ploch prostoru a na rozložení světelného toku svítidel. Také závisí na povaze a koncentraci prachu. Udržovací činitel povrchů RSMF byl odvozen softwarem Relux na hodnotu 0,92.

### **6.1.3 Posouzení doby života světelného zdroje**

#### **Činitel stárnutí světelného zdroje (LLMF)**

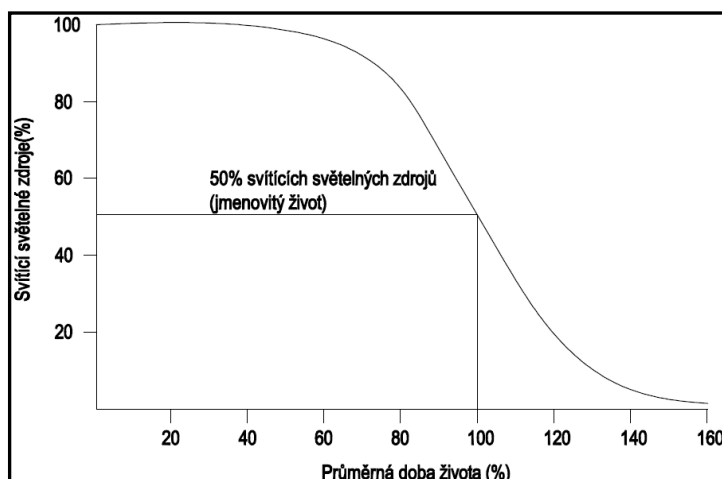
Činitel stárnutí světelného zdroje je definován jako podíl světelného toku zdroje v dané době jeho života a počátečního světelného toku. Světelný tok veškerých světelných zdrojů, klesá s počtem hodin svícení. Přesné hodnoty poklesu světelného toku závisí na konkrétním typu světelného zdroje u výbojek také na předřadném obvodu. [19]

Ztráty vzniklé poklesem světelného toku mohou být sníženy častější výměnou světelných zdrojů, například skupinovou výměnou. Činitel stárnutí světelného zdroje HCI-TS 150W/D byl odvozen výpočtovým programem Relux na hodnotu  $LLMF = 0,69$ . Světelný tok všech světelných zdrojů bude s novými světelnými zdroji či po skupinové výměně světelných zdrojů o 31 % vyšší než projektovaná úroveň.

## Činitel funkční spolehlivosti světelného zdroje (LSF)

Tento činitel představuje pravděpodobnost toho, že světelné zdroje budou po určitou dobu v provozu. Reprezentuje skupinu světelných zdrojů daného typu, které po určité době zůstávají stále v provozu. Množství svítících zdrojů závisí na typu zdroje, v případě výbojových zdrojů potom na četnosti zapínání a předřadných obvodech. [19]

Život světelného zdroje je definován jako doba v hodinách, kdy ještě 50% světelných zdrojů jedné skupiny zůstává funkčních. Okamžitá výměna vyhořelých světelných zdrojů dopomáhá minimalizovat snížení osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení. Ke stanovení činitele funkční spolehlivosti světelného zdroje pro osvětlení pracovního prostoru jeřábu, byla ve výpočtu nastavená neprodloužená výměna světelného zdroje při jeho poruše. Hodnota LSF = 1.



Obrázek 51.: Závislost počtu funkčních světelných zdrojů na počtu průměrné době života. [O27]

## Udržovací činitel:

Udržovací činitel je definován jako podíl osvětlenosti dané osvětlovací soustavou po určité době jejího provozu a osvětlenosti dané novou soustavou.

$$z = \frac{E_m}{E_0} \quad (-; lx, lx) \quad (25)$$

Výpočtem udržovacího činitele v různých časových obdobích a s ohledem na navržený plán údržby, lze předpovědět rozložení osvětlenosti od osvětlovací soustavy po dané době. Výsledná hodnota udržovacího činitele MF, je dána součinem několika činitelů:

$$z = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF \quad (26)$$

## Osvětlenost prostoru

Hodnota osvětlenosti na srovnávací rovině vychází z udržované osvětlenosti  $E_m$  což je průměrná osvětlenost za určitou dobu používání a po jejímž plynutí je potřeba provést údržbu. Udržovaná osvětlenost je daná vzorcem:

$$E_m = E_i \cdot MF \quad (lx; lx, -) \quad (27)$$

$E_m$  - udržovaná osvětlenost (lx),  $E_i$  - počáteční osvětlenost (lx), MF - udržovací činitel

Výsledná hodnota udržovacího činitele pro nově navržená svítidla na jeřábu byla odvozena výpočtovým programem Relux na hodnotu  $MF = 0,55$ . To znamená, že počáteční hladina osvětlenosti u nové soustavy nebo po pravidelně provedené údržbě bude o 45 % vyšší. Při provozu této soustavy bude postupem času vlivem stárnutí světelných zdrojů, materiálů, nanášením nečistot udržovaná osvětlenost klesat, až se vyrovná projektované úrovni. [19]

## **6.2 Obecné shrnutí všech předpokladů přijatých k osvětlování jeřábových drah**

Tímto závěrečným shrnutím chci ucelit mé poznatky nabyté při vypracování této práce, které mimo jiné budu směřovat zejména k problematice návrhu osvětlení jeřábových drah. U nově navržených osvětlovacích soustav jeřábových drah se budu snažit provést komplexní návod pro osvětlování těchto vnitřních pracovních prostor. S touto problematikou souvisí také potřeba shrnout všechny aspekty napomáhající k možnosti zvýšení doby života těchto osvětlovacích soustav.

Výběr svítidla musí být proveden s určitými požadavky, za účelem omezení vnějších vlivů působících na jejich konstrukci. Vliv okolního prostředí musí být tedy eliminován minimálním krytím svítidla IP54. Zásadní ochrana pro omezení vibrací a rázů působících na svítidla při rozjezdech a zastavování jeřábu musí být omezena stavbou svítidla. Především hlavní roli hraje hmotnost svítidla, od které se odvíjí stupeň krytí proti škodlivým mechanickým nárazům IK. Jeho hodnota je dána, jak už bylo řečeno hmotností svítidla a rychlostí jeřábu, pro náš případ to je hodnota IK08. Pro prodloužení doby života je možno svítidlo opatřit silentblokem či vibrační podložkou, které dokážou absorbovat vzniklé vibrace a rázy, tím se naskytuje také možnost snížit hodnotu krytí proti mechanickým nárazům. Svítidla musí být umístěna na konstrukci jeřábu, jejich počet je dán udržovanou osvětleností a rovnoměrností pracoviště. Svítidla musí být převážně přímá a reflektor dle konkrétní situace buď symetrický či asymetrický.

Požadavky na světelný zdroj zde byly stanoveny také s ohledem na vibrace a rázy vzniklé při pojezdu jeřábu. Možnosti výběru světelných zdrojů se s tímto požadavkem patrně zmenšují. Pro tuto aplikaci použití, nevyhovuje celá řada světelných zdrojů. Hlavní požadavky na světelné zdroje jsou dvoustiskové uložení světelného zdroje, patice Rx7s, Fc2, malá výška světelného středu, malá hmotnost světelného zdroje.

Z hlediska osvětlování těchto vnitřních pracovních prostor, musíme tuto vymezenou část pracoviště, která se mění s pohybem jeřábu, osvětlit zejména pro dobrý zrakový výkon a zrakovou pohodu jeřábníka. Udržovaná osvětlenost na tomto pracovišti, uvažujeme-li trvalý pobyt osob, je 200 lx a rovnoměrnost osvětlení 0,7.

## 7 Závěr

Závěrem této diplomové práce, bych chtěl zhodnotit mé výsledky nabyté při jejím vypracování a také vlastní přínos této práce, který objasňuje problematiku návrhu osvětlení jeřábových drah.

Před samotným návrhem nové osvětlovací soustavy mostového jeřábu, jsem provedl rozbor svítidel a světelných zdrojů se zaměřením na jejich konstrukční vlastnosti. Záměrem bylo vybrat ze široké škály výrobců takové svítidlo a světelný zdroj, který bude splňovat zadané konstrukční požadavky, kterými bude vhodný pro náhradu osvětlovacích soustav na mostovém jeřábu pro osvětlení místa zřakového úkolu.

Výsledkem rozboru je svítidlo, které bylo výrobcem podrobeno zkouškou na odolnost vůči mechanickému namáhání a vůči okolním vlivům. Svítidlo splňuje konstrukční požadavky s ohledem na mechanické namáhání a rázy. Světelný zdroj rovněž splňuje daná kritéria, která jsem stanovil pro omezení vlivu vibrací a rázů produkovaných mostovým jeřábem, za účelem prodloužení jejich fyzické doby života.

Stávající osvětlovací soustavu, jsem posuzoval měřením a výpočty v software Relux Suite. Měřením jsem zjistil, že hodnota udržované osvětlenosti místa pracovního úkolu a jeho okolí prokazatelně nevyhovuje požadovaným hodnotám daných normou ČSN. Namodelováním stávající soustavy v softwaru Relux Suite jsem porovnal naměřené hodnoty udržované osvětlenosti s počáteční osvětleností haly a určil tak stávající činitel údržby. Činitel údržby vyjadřuje záruku, že místně průměrná a časově minimální hodnota osvětlenosti nebude menší než udržovaná osvětlenost. Obvyklá hodnota činitele údržby se pohybuje v rozmezí 50 až 70 %. Z vypočtené hodnoty činitele údržby která činí 13 % usuzuji, že osvětlovací soustava je vlivem nedostačující údržby za ekonomickou dobou života a tímto nevyhovuje současným požadavkům. Proto bych doporučil provést její výměnu.

Pomocí softwaru Relux jsem provedl výpočty denní osvětlenosti průmyslové haly. Výsledky jsem porovnával s hodnotami dané ČSN. Výsledkem je skutečnost, že hodnota činitele denní osvětlenosti při zvýšení údržby oken a světlíků, bude splňovat kritérium hygienického minima. Možnost využití denního osvětlení a tím snížit požadavky na dobu provozu soustavy umělého osvětlení je jedna z variant úspory elektrické energie pro osvětlení této průmyslové haly. Úspory na elektrickou energii vzniklé vypínáním určitých sekcí osvětlení, či řízením osvětlení se pohybují v desítkách tisíc korun ročně.

Díky nevyhovujícímu stavu místního osvětlení mostového jeřábu a také celkového stropního osvětlení haly jsem provedl návrh a výpočet obou těchto osvětlovacích soustav softwarem Relux Suite. Výsledkem tohoto návrhu je osvětlení srovnávací roviny haly, které splňuje hodnotu udržované osvětlenosti 150 lx. Samotné osvětlení pracoviště pod mostovým jeřábem, které spadá do prostoru s trvalým pobytem osob splňuje požadavky hygienického minima, které je dané hodnotou udržované osvětlenosti 200 lx.

Osvětlení pracoviště bude realizováno na mostovém jeřábu s nově navrženými svítidly, světelnými zdroji a příslušenstvím, která jsou schopna provozu s delší životností. Výpočtem této osvětlovací soustavy jsem také stanovil plán údržby, který napomáhá udržet požadovanou osvětlenost na určité hodnotě dle normy ČSN. Dále také snižuje pořizovací i provozní náklady a zaručuje bezpečné provozování této osvětlovací soustavy.

Hlavním přínosem této diplomové práce je stanovení komplexní metodiky návrhu osvětlovacích soustav mostových jeřábů. Dále za svůj přínos považuji také příslušná doporučení vzniklá po vyhodnocení stávajícího stavu osvětlovacích soustav a zjištění možných finančních úspor díky využití denního osvětlení. V neposlední řadě také návrhem osvětlení haly a konstrukčním provedením osvětlení pracoviště, kdy jsem zmenšil náklady na elektrickou energii a prodloužil životnost těchto osvětlovacích soustav.

## Seznam použité literatury a tabulek:

- [1] Habel J. a kolektiv, *Světelná technika a osvětlování*, ISBN 800-901985-0-3, 1995
- [2] Archiv článků: *Světlo časopis pro světelnou techniku a osvětlování*, [online]  
URL < [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=22833](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22833)>
- [3] ČSN EN 12464-1 *Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory*
- [4] Sokanský K. a kolektiv, *Světelná technika*, ISBN 978-80-01-04941-9, 2011
- [5] Sokanský K., *ČSO Racionalizace v osvětlování venkovních prostor*, Ostrava 2005
- [6] Vaňková a kolektiv, *Hluk, vibrace a ionizující záření v životním a pracovním prostředí*, 1996
- [7] Smetana C. a kolektiv, *Hluk a vibrace: měření a hodnocení*, ISBN 80-90-19-36-2-5, 1998
- [8] ČSN EN 60598-1 ed. 5, *Svítilidla - Část 1: Všeobecné požadavky a zkoušky*
- [9] ČSN EN 60838-1 ed. 2, *Různé objímky - Část 1: Všeobecné požadavky a zkoušky*
- [10] ČSN EN 33 2000-5-51 ed.3, *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení - Všeobecné předpisy*
- [11] ČSN EN 50 102, *Stupně ochrany poskytované kryty elektrických zařízení proti vnějším mechanickým nárazům (IK kód)*
- [12] BIBUS s.r.o, *Průmyslové tlumiče rázů*, [online]  
URL <<http://ace-ace.com/downloads/cz/ACE-CAT-CZ>>, BIBUS s.r.o.
- [14] Elektrosvit Svatobořice a.s, *Svítilidla průmyslová* [online]  
URL<<http://www.elektrosvit.eu/default.asp?inc=katalog&katid=6&lang=cs>>
- [15] OSRAM Česká republika s.r.o., *Katalog světelných zdrojů*, [online]  
URL<[http://www.osram.cz/osram\\_cz/](http://www.osram.cz/osram_cz/)>,
- [16] ČSN 73 0580-1 *Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky - denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky*
- [17] MODUS spol. s r.o., *Katalog svítidel*, [online]  
URL<<http://www.modus.cz/cze/katalog-svitidel/prumyslova-vybojkova-svitidla-a-reflektory/>>
- [18] ČSN 36 0008 *Oslnění, jeho hodnocení a zábrana*
- [19] TNI 36 0451 *Údržba vnitřních osvětlovacích soustav*

## Seznam použitých obrázků:

- [O1] Obrázek č.1 [online]URL<<http://www.radiumlamp.cz/katalog/zarovky.pdf>>  
URL<<http://www.4construction.com/cz/magazin/obrazky/umele-svetlo/2511/>>
- [O2] Obrázek č.2 [online] URL<[http://www.lighting.philips.com/cz\\_cs/index.wpd](http://www.lighting.philips.com/cz_cs/index.wpd)>
- [O3] Obrázek č.3 [online] URL<[http://www.lighting.philips.com/cz\\_cs/index.wpd](http://www.lighting.philips.com/cz_cs/index.wpd)>
- [O5] Obrázek č.5 [online] URL<[http://www.osram.com/osram\\_com/](http://www.osram.com/osram_com/)>
- [O6] Obrázek č. 6 [online] URL< <http://elektro.tzb-info.cz>>  
URL<<http://www.osteos.cz/smart-dragonll>>
- [O7] Obrázek č. 7 [online]URL<<http://www.astro.cz/clanek/tisk/4944>>  
URL<[http://www.directindustry.com/prod/philips-lumileds-lighting-company/smd-white-leds-30998\\_450133.html](http://www.directindustry.com/prod/philips-lumileds-lighting-company/smd-white-leds-30998_450133.html)>
- [O8] Obrázek č. 11 [online]URL<<http://www.modus.cz/>>
- [O9] Obrázek č. 12 [online]URL<<http://www.modus.cz/>>
- [O10] Obrázek č. 13 [online]URL<<http://www.vossloh-schwabe.com/home.html>>
- [O11] Obrázek č. 14 [online]URL<<http://www.vossloh-schwabe.com/home.html>>
- [O12] Obrázek č. 15 [online]URL<[http://www.lighting.philips.com/cz\\_cs/index.wpd](http://www.lighting.philips.com/cz_cs/index.wpd)>
- [O13] Obrázek č. 16 [online]URL<<http://ace-ace.com/downloads/cz/ACE-CAT-CZ.pdf>>
- [O14] Obrázek č. 17 [online]URL<<http://ace-ace.com/downloads/cz/ACE-CAT-CZ.pdf>>
- [O15] Obrázek č. 18 [online]URL<<http://ace-ace.com/downloads/cz/ACE-CAT-CZ.pdf>>
- [O16] Obrázek č. 19 [online]URL<<http://ace-ace.com/downloads/cz/ACE-CAT-CZ.pdf>>
- [O17] Obrázek č. 26 [online]URL<[http://www.osram.com/osram\\_com/](http://www.osram.com/osram_com/)>
- [O18] Obrázek č. 27 [online]URL<[http://www.osram.com/osram\\_com/](http://www.osram.com/osram_com/)>
- [O19] Obrázek č. 28 [online]URL<[http://www.osram.com/osram\\_com/](http://www.osram.com/osram_com/)>
- [O20] Obrázek č. 34 [online]URL <<http://maps.google.cz/maps?hl=cs&tab=wl>>
- [O21] Obrázek č. 39 [online]URL<[http://www.osram.com/osram\\_com/](http://www.osram.com/osram_com/)>
- [O22] Obrázek č. 40 [online]URL <[http://www.osram.com/osram\\_com/](http://www.osram.com/osram_com/)/,<<http://www.layrton.com/>>
- [O23] Obrázek č. 41 [online]URL<<http://www.modus.cz/>> ,
- [O24] Obrázek č. 43 [online]URL<[http://www.osram.com/osram\\_com/](http://www.osram.com/osram_com/)>



[O25] Obrázek č. 44 [online]URL< <http://www.metasport.cz/>>

[O26] Obrázek č. 50 *Údržba vnitřních osvětlovacích soustav*

[O27] Obrázek č. 51 *Údržba vnitřních osvětlovacích soustav*

## Seznam příloh

- I. Stávající stav osvětlovacích soustav
  - I. A) Stávající stav osvětlovacích soustav haly - Výkres č. 1
  - I. B) Stávající stav osvětlovací soustavy jeřábu - Výkres č. 2
  - I. C) Stávající stav osvětlovací soustavy celkového osvětlení haly - Výkres č. 3
  - I. D) Zarkeslení měřících bodů v prostoru pracoviště jeřábu - Výkres č. 4
  - I. E) Zarkeslení měřících bodů v prostoru haly - Výkres č. 5
- II. Posouzení parametrů umělého osvětlení haly
- III. Výpočty stávající osvětlovací soustavy
  - III. A) Počáteční osvětlenost
  - III. B) Udržovaná osvětlenost
- IV. Výpočty denní osvětlenosti
- V. Nová osvětlovací soustava
  - V. A) Výpočet celkového a místního osvětlení haly
  - V. B) Rozmístění nových svítidel na jeřábu - Výkres č. 6
  - V. C) Technické listy svítidla Modus Crono 2
  - V. D) Technické listy svítidla DSS 1000
  - V. E) Technické listy světelných zdrojů celkového a místního osvětlení